

UNIVERSITE DU QUEBEC

MEMOIRE PRESENTE A

L'UNIVERSITE DU QUEBEC A TROIS-RIVIERES

COMME EXIGENCE PARTIELLE

DE LA MAITRISE EN SCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT

PAR

NANCY LAROCQUE

UTILISATION DE L'HUILE DE TANAISIE, *TANACETUM VULGARE* (L.)  
(ASTERALES: COMPOSEES) COMME MOYEN DE CONTROLE ENVERS LA  
TORDEUSE À BANDES OBLIQUES, *CHORISTONEURA ROSACEANA* HARRIS  
(LEPIDOPTERA: TORTRICIDAE)

Juin 1997

Université du Québec à Trois-Rivières

Service de la bibliothèque

Avertissement

L'auteur de ce mémoire ou de cette thèse a autorisé l'Université du Québec à Trois-Rivières à diffuser, à des fins non lucratives, une copie de son mémoire ou de sa thèse.

Cette diffusion n'entraîne pas une renonciation de la part de l'auteur à ses droits de propriété intellectuelle, incluant le droit d'auteur, sur ce mémoire ou cette thèse. Notamment, la reproduction ou la publication de la totalité ou d'une partie importante de ce mémoire ou de cette thèse requiert son autorisation.

## RESUME

La tordeuse à bandes obliques (TBO) a développé une résistance aux insecticides synthétiques utilisés pour son contrôle dans la région de Oka, Deux-Montagnes au Québec. Une méthode alternative aux insecticides serait l'utilisation de l'huile de tanaisie (Composées: *Tanacetum vulgare* L.) qui démontre plusieurs propriétés affectant le comportement et la physiologie chez plusieurs espèces d'insectes. Afin de connaître les effets de l'huile de tanaisie sur la biologie de la TBO, six expériences ont été menées à l'aide de formulations contenant l'huile et portaient sur 1) la toxicité topique et par ingestion, 2) l'activité antiappétante, 3) le synergisme du dillapiole combiné à l'huile, 4) les effets de la chronicité (présence continue) de l'huile sur le développement larvaire, 5) la dissuasion des résidus d'huile de tanaisie sur l'oviposition des femelles TBO et 6) l'activité ovicide des résidus d'huile de tanaisie. Les formulations *TE*, *TSW* et *TSWD* contenant l'huile de tanaisie n'avaient aucune toxicité topique et orale sur les troisième et quatrième stades larvaires de la TBO. Ces résultats ont été démontrés dans des tests similaires sur un coléoptère et deux lépidoptères. Concernant l'activité d'alimentation, la formulation *TSW* diminuait la consommation des disques chez les larves de TBO par une baisse des concentrations en huile de tanaisie. La formulation *TSWD*, tanaisie-dillapiole, n'avait aucune activité antiappétante mais démontrait un effet de phagostimulation. Bien que le dillapiole soit utilisé comme synergiste avec les insecticides synthétiques, sa combinaison avec la tanaisie démontre un potentiel en tant qu'activateur. Lorsque l'huile de tanaisie était ingérée de façon chronique (continue) par les larves de la TBO, celles-ci, chez les deux populations, enregistraient une mortalité de 100% après une période de 68 jours. Les vapeurs de monoterpènes émises par la diète pourraient être une des causes expliquant le taux élevé de la mortalité larvaire. Au niveau des paramètres de développement, seul le poids des pupes femelles a été affecté chez les deux populations par la présence de 0.1% d'huile de tanaisie. Il semblerait que l'huile de

tanaïsie gênerait l'activité hormonale de croissance chez les femelles de la TBO. Nos données suggèrent que la concentration adéquate qui affecterait significativement les paramètres de développement se situerait entre 0.01 et 0.1% d'huile de tanaïsie dans la diète. Concernant l'oviposition chez les femelles de la TBO, une augmentation des concentrations en huile dans les résidus (formulation *TE*), a diminué le nombre d'oeufs pondus sur la surface traitée. Chez plusieurs lépidoptères, les composés secondaires d'une plante sont l'un des facteurs qui stimulent ou inhibent l'oviposition chez les femelles. Bien que le taux d'éclosion des oeufs ait diminué avec une augmentation des concentrations en huile de tanaïsie dans les résidus, le témoin démontrait un taux d'éclosion relativement faible de 40.4% . Ainsi, nous n'avons pu conclure sur l'activité ovicide des résidus d'huile de tanaïsie sur les oeufs de TBO.

## REMERCIEMENTS

La partie des remerciements est un des endroits les plus gratifiants de la recherche puisqu'elle permet de faire tomber les rideaux de la scène afin de découvrir les acteurs qui y ont joués et qui ont permis au bon déroulement de la pièce. Sans elle, Juliette n'aurait jamais rencontré Roméo.

Mes premiers remerciements vont au Dr. Charles Vincent du Centre de Recherche et de Développement en Horticulture d'Agriculture et Agroalimentaire Canada à Saint-Jean-sur-Richelieu qui a bien voulu diriger mon projet de recherche. Je lui en suis reconnaissante pour sa patience qu'il a démontrée tout au long de ce projet, de ces conseils judicieux lors de la rédaction du mémoire, de sa disponibilité, de son aide financière et surtout de m'avoir initié au monde de la recherche scientifique.

J'aimerais remercier sincèrement le Dr. Jean-Pierre Bourassa du Département de Chimie-Biologie à l'Université du Québec à Trois-Rivières pour sa co-direction au projet. Sa disponibilité, ses encouragements et ses conseils judicieux furent grandement appréciés.

Je dédie mes remerciements au Dr. André Bélanger du Centre de Recherche et de Développement d'Agriculture et Agroalimentaire Canada à Saint-Jean-sur-Richelieu pour son implication technique et intellectuelle au projet, pour m'avoir fourni la précieuse huile de tanaïs et de m'avoir fait découvrir le monde de la chimie; ces remerciements vont aussi à son équipe technique: Louise Dextraze, Nathalie Grondin et Hélène Goodman qui m'ont fourni les analyses complètes de l'huile de tanaïs.

Je remercie le Dr. Antoine Aubin du Département de Chimie-Biologie à l'Université du Québec à Trois-Rivières pour ses conseils judicieux en statistique ainsi qu'à David Biron pour m'avoir enseigné les rudiments de la recherche.

Mes remerciements vont au Dr. Joseph T. Arnason de l'Université d'Ottawa pour m'avoir fourni le dillapiole.

Ma gratitude va aussi à Benoît Rancourt pour son aide technique et informatique et à André Poliquin, Sylvain Bissonette et Caroline Bourassa qui ont contribué aux travaux.

Je remercie tout spécialement le Dr. Mick J. Smirle d'Agriculture et Agro-Alimentaire Canada à Summerland (B.C.) et le Dr. Yves Carrière (Université Laval) pour la correction de l'article rédigé en anglais ainsi que de leurs critiques pertinentes.

Enfin, je remercie le Dr. Bernard Panneton qui a bien voulu mettre à notre disposition l'analyseur numérique d'images et, tout le personnel de la Station de Recherche d'Agriculture Canada à Saint-Jean-sur-Richelieu qui a participé, de loin comme de proche, aux travaux.

## TABLE DES MATIERES

RESUME.....	ii
REMERCIEMENTS .....	iv
TABLE DES MATIERES .....	vi
LISTE DES FIGURES .....	viii
LISTE DES TABLEAUX .....	ix
INTRODUCTION GENERALE .....	1
La tordeuse à bandes obliques. Généralités. ....	1
La tanaïsie vulgaire .....	2
Problématique.....	4
Description générale du projet.....	6
CHAPITRE 2- EFFECT OF TANSY OIL, <i>TANACETUM VULGARE</i> L., ON THE BIOLOGY OF THE OBLIQUEBANDED LEAFROLLER, <i>CHORISTONEURA ROSACEANA</i> (HARRIS) (LEPIDOPTERA: TORTRICIDAE).....	9
Abstract .....	10
Introduction.....	11
Materials and methods.....	13
Results .....	16
Discussion .....	17
References .....	21
CHAPITRE 3- DONNEES COMPLEMENTAIRES À L'ETUDE SUR L'HUILE DE TANAISIE.....	34
Matériel et méthodes.....	34
Résultats .....	36
Discussion .....	37
CONCLUSION.....	45

REFERENCES .....	46
ANNEXE A.....	55
Images sur la TBO, la tanaïsie et les méthodes.....	55
ANNEXE B.....	61
Recommandations aux auteurs .....	61



## LISTE DES FIGURES

Figures	Pages
1. A) Adulte de la tordeuse à bandes obliques, <i>Choristoneura rosaceana</i> , (Harris). B) Larve de la tordeuse à bandes obliques.....	55
2. Cycle vital de la tordeuse à bandes obliques.....	55
3. Masse d'oeufs (environ 500 oeufs) de la tordeuse à bandes obliques sur feuille de pommier.....	56
4. A) Tanaisie vulgaire, <i>Tanacetum vulgare</i> (L.). B) Huile essentielle de tanaïsie obtenue par entraînement à la vapeur.....	56
5. Dillapiol; constituant de l'huile essentielle de l'aneth, <i>Anethum graveolens</i> .....	57
6. Lieu de collecte des larves de TBO en juin 1994.....	57
7. Distillateur portable de 380L servant à extraire l'huile essentielle.....	58
8. Bioessai sur la toxicité topique des formulations <i>TSW</i> et <i>TSWD</i> sur les larves de TBO.....	58
9. Bioessai sur la toxicité orale et l'activité antiappétante des formulations <i>TE</i> , <i>TSW</i> et <i>TSWD</i> sur les larves de TBO.....	59
10. A) Carton avec disques témoins (gauche) et carton avec disques de cellulose après 24h de contact avec les larves de TBO (droite). B)Analyseur numérique d'images.....	59
11. Transfert de la diète traitée à l'huile de tanaïsie dans des cupules de plastique.....	60
12. A) Chambre d'accouplement contenant une femelle et deux mâles adultes. B) Femelle de TBO en contact avec des résidus d'huile séchés provenant de la formulation <i>TE</i> (Huile+éthanol).....	60

## LISTE DES TABLEAUX

Tableaux	Pages
1. Analyse Probit sur la toxicité topique et orale des formulations <i>TE</i> , <i>TSW</i> et <i>TSWD</i> testés sur les troisième et quatrième stades larvaires de la TBO provenant d'une population résistante.....	40
2. Analyse Probit sur l'ingestion chronique de l'huile de tanaisie présente dans la diète artificielle et testée sur les larves de TBO provenant d'une population sensible et résistante aux insecticides synthétiques.....	41
3. Réponse biologique des populations sensibles et résistantes ingérant de l'huile de tanaisie de façon chronique dans la diète artificielle durant 68 jours.....	42
4. Taux de pupaison et d'émergence d'adulte des populations sensibles et résistantes provenant de larves ayant ingéré chroniquement l'huile de tanaisie durant 68 jours.....	43
5. Taux d'éclosion des oeufs pondus sur des résidus séchés de la formulation <i>TE</i> contenant l'huile de tanaisie.....	44

## INTRODUCTION GENERALE

### La tordeuse à bandes obliques. Généralités.

La tordeuse à bandes obliques (TBO), *Choristoneura rosaceana* (Harris), est un insecte indigène limité au continent nord américain (Annexe A; Figure 1A). On la retrouve au sud du Canada et dans la plupart des états américains sauf dans les régions arides du sud-ouest (Reissig, 1978). La TBO a été décrite pour la première fois par Harris en 1841 aux États-Unis mais ce fut Coquillett en 1883 qui donna une description plus détaillée de l'espèce (Sanderson & Jackson, 1909). La chenille de la TBO est polyphage mais préfère se nourrir sur les hôtes de la famille des Rosacées notamment le pommier, qui vient en tête de liste, ensuite le framboisier, le fraisier, l'aubépine et le rosier (Annexe A; Figure 1B). Dans la forêt, on retrouvera la TBO autant sur les arbres que sur les arbustes à feuilles caduques, notamment des genres *Ulmus*, *Populus*, *Quercus*, *Betula* et *Tilia* (Chapman *et al.*, 1968).

La TBO est bivoltine et passe l'hiver dans un hibernacula à l'état de troisième et de quatrième stades larvaires (AliNiazee, 1986). Les cocons de la TBO sont cachés parmi les crevasses, sous l'écorce du pommier ou sous les écailles des bourgeons. La première génération s'étend du mois d'avril au moins de juin et c'est durant cette période que les larves vont entraîner des dommages en s'alimentant sur les petits fruits en voie de développement (Reissig, 1978) (Annexe A; Figure 2). Les larves se construisent un abri en s'enroulant dans une feuille (d'où le nom de tordeuse) ce qui les protège des insecticides et des ennemis naturels. Les premiers adultes apparaissent au mois de juin; c'est à cette période que les femelles pondent entre 200 et 900 oeufs (Annexe A; Figure 3). Une fois pondus en masse sous les feuilles, les oeufs prendront de 10 à 12 jours avant d'éclore (Vincent & Morin,

1992). La deuxième génération est active de juillet jusqu'au début de septembre; c'est durant cette période que les dommages aux fruits seront les plus sévères (Onstad *et al.*, 1985; Vincent & Morin, 1992). La densité larvaire de la première génération est généralement beaucoup plus importante que celle de la deuxième. Ce phénomène s'explique par le fait que la mortalité larvaire est plus élevée en fin d'été due à une maigre qualité alimentaire (diminution des concentrations en eau et en nitrates dans les feuilles)(Onstad *et al.*, 1985) et à une forte pression du parasite, *Meteorus trachynotus* Vier. (Hymenoptera: Braconidae) (Onstad *et al.*, 1986; Maltais *et al.*, 1989; Thireau & Régnière, 1995).

### La tanaisie vulgaire

La tanaisie vulgaire, *Tanacetum vulgare* (L.) (Asterales: Composées), se retrouve dans l'hémisphère boréal en terrain sablonneux (Marie-Victorin, 1964) (Annexe A; Figure 4A). Cette plante a démontré des propriétés médicinales, antibactériennes et insectifuges (Chandler *et al.*, 1982; Duke, 1985; Anonyme, 1985; Héthelyi *et al.*, 1988; Holopainen & Kauppinen, 1989). Du temps des colons de la Nouvelle-France, des bouquets séchés de tanaisie étaient suspendus au plafond des cuisines afin de chasser les mouches. Les plants étaient déposés dans les penderies et les armoires à linge pour éloigner les mites; aussi, ils étaient placés sous les matelats et dans la niche du chien afin de repousser les puces (Anonyme, 1985). En agriculture, les russes et les amérindiens des tribus Micmacs et Malécites saupoudraient leurs récoltes d'extraits séchés de cette plante (Duke, 1985; Chandler *et al.*, 1982).

Plusieurs recherches ont démontré que la tanaisie, qu'elle soit sous forme aqueuse ou en huile, possède une activité antiappétante envers le carpocapse de la pomme, *Cydia pomonella* (L.) (Lepidoptera: Tortricidae) (Suomi, Brown & Akre, 1986), la fausse-

arpenreuse du chou, *Trichoplusia ni* (Hübner)(Lepidoptera: Noctuidae) (Brewer & Ball, 1981), la piéride du chou, *Pieris rapae* (L.)(Lepidoptera: Pieridae) (Brewer & Ball, 1981; Hough-Goldstein & Hahn, 1992) et le doryphore de la pomme de terre, *Leptinotarsa decemlineata* (Say)(Coleoptera: Chrysomelidae) (Panasiuk, 1984; Schearer, 1984; Duke, 1985; Hough-Goldstein, 1990). De plus, les extraits de tanaïsie réduisent la ponte chez les femelles de la piéride du chou et de la fausse-teigne des crucifères, *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) (Hough-Goldstein & Hahn, 1992). Chez l'eudémis, *Lobesia botrana* Den. et Schiff (Lepidoptera: Tortricidae) qui est un ravageur des plantations de vignes en Europe (Gabel & Thiéry, 1993), l'odeur de la tanaïsie ainsi que de l'huile inhibe le comportement d'oviposition des femelles et diminue la longévité des adultes.

Les composés chimiques de l'huile de tanaïsie varient en qualité et en quantité selon la localité et l'époque de l'année (Annexe A; Figure 4B). Ainsi, la saison, l'âge et la composition chimique du sol définiront le chémotype d'une plante qui est caractérisé par la présence d'un constituant à plus de 50% dans son huile essentielle (von Rudloff & Underhill, 1965; Collin *et al.*, 1992). L'huile de tanaïsie utilisée dans les expériences provient de Lavaltrie au Québec et contient en moyenne 90% de  $\beta$ -thujone (cétone monoterpénique) appartenant au chémotype  $\beta$ -thujone. Cette cétone a démontré une activité antiappétante envers les adultes du doryphore de la pomme de terre (Panasiuk, 1984). Les composés de l'huile de tanaïsie font tous partie de la classe des terpènes qui sont les constituants odoriférants de ceux-ci (Arnaud, 1985). Certains représentants de cette classe jouent des rôles biologiques importants (hormones, vitamines) et affectent le comportement de plusieurs espèces d'insectes. Les terpènes ont un rôle majeur dans l'industrie des insecticides notamment la pyréthrine provenant du *Chrysanthemum*, ainsi que l'azadirachtine isolée à partir des graines du neem, *Azadirachta indica* (Palevitch & Craker, 1994).

Faire l'extraction d'une huile essentielle est onéreux car il faut beaucoup de plantes pour produire quelques millilitres d'huile. Il devient ainsi intéressant d'utiliser un deuxième composé qui, en mélange, produira un effet toxique supérieur à celle de l'huile essentielle pure. C'est ce que l'on appelle un synergiste. Utilisé comme agent synergique, le dillapiole est un constituant phenylpropanoïde de l'huile essentielle de l'aneth, *Anethum graveolens* L. (Apiaceae) (Duke, 1985) ) (Annexe A; Figure 5), qui s'est avéré efficace avec certains insecticides synthétiques notamment le parathion envers la drosophile, *Drosophila melanogaster* Merg., et les larves du moustique, *Aedes aegypti* L. (Lichtenstein *et al.*, 1974; Palevitch & Craker, 1994).

### Problématique

La tordeuse à bandes obliques peut causer des dommages sur les rosiers (Sanderson & Jackson, 1909), les mûres (Knowlton & Allen, 1937), les framboises (Schuh & Mote, 1948), les plantations de conifères (Martin, 1958), les noisetiers (AliNiazee, 1986) et les pistaches (Rice *et al.*, 1988). Au Québec, la TBO est considérée comme un ravageur secondaire dans les vergers commerciaux (Roy & Vincent, 1992) dont les dommages à la récolte ont varié en moyenne entre 0 et 0.5% de 1977 à 1995 (Chouinard & Vincent, 1993; Chouinard & Vincent, 1995). Mais depuis 1991, certaines populations de TBO dans la région de Deux-Montagnes au Québec ont développé une résistance aux insecticides organophosphorés (Bellerose *et al.*, 1991; Carrière *et al.* 1994). Déjà en 1977, on rapportait dans l'état de New York un début de résistance de certaines populations de TBO envers les insecticides synthétiques (Reissig, 1978; Reissig *et al.*, 1986). Tout dernièrement, la TBO des vergers de la région de Vineland en Ontario a enregistré un début de résistance aux insecticides synthétiques (David Pree, communication personnelle). Afin de pallier au phénomène de la résistance, plusieurs études ont été mises de l'avant afin de trouver de

nouvelles méthodes de lutte visant à retarder l'apparition de la résistance et de prolonger l'efficacité des insecticides qui sont actuellement recommandés. La confusion sexuelle est l'une des méthodes de contrôle les plus étudiées (Hill & Roelofs, 1979; Roelofs & Brown, 1982; Vakenti *et al.*, 1988; Vincent *et al.*, 1990; Thomson *et al.*, 1991; Deland *et al.*, 1994; Lawson *et al.*, 1996) suivie du *Bacillus thuringiensis* (Vincent *et al.*, 1991; Li *et al.*, 1995a; Li *et al.*, 1995b; Li & Fitzpatrick, 1996). D'autres moyens de lutte biologique ont été testés contre la TBO comme l'utilisation du nématode, *Steinernema carpocapsae* (W.) (Lemire *et al.*, 1995), les coccinelles (Demougeot *et al.*, 1993), un parasitoïde, *Meteorus trachynotus* (Vier.) (Maltais *et al.*, 1989; Thireau & Régnière, 1995), un champignon, *Nosema fumiferanae* (Thomson) (Cossentine & Gardiner, 1991), et le neem (Lowery *et al.*, 1995). Certaines recherches ont été menées sur l'efficacité de différents insecticides synthétiques sur les larves de TBO (Reissig, 1978; Olson *et al.*, 1987).

Face à une demande soutenue de nouvelles méthodes de contrôle envers les populations de TBO résistantes aux insecticides synthétiques, nous avons cru nécessaire de diriger notre recherche vers les insecticides naturels en utilisant l'huile de tanaisie. Les objectifs de notre projet étaient: 1°) de déterminer la toxicité topique et orale de trois formulations contenant l'huile de tanaisie sur les troisième et quatrième stades larvaires de la TBO; 2°) de démontrer l'activité antiappétante de l'huile de tanaisie sur les troisième et quatrième stades larvaires de la TBO; 3°) de déterminer l'effet synergique du dillapiole combiné à l'huile de tanaisie; 4°) d'étudier les effets d'une ingestion chronique de l'huile de tanaisie incorporée dans la diète sur le développement larvaire de la TBO; 5°) de déterminer l'effet de dissuasion des résidus d'huile de tanaisie sur l'oviposition des femelles TBO; 6°) de démontrer l'effet ovicide des résidus séchés d'huile de tanaisie sur lesquels les oeufs de TBO sont pondus.

## Description générale du projet

Le projet de recherche a été effectué en laboratoire au Centre de Recherche et de Développement en Horticulture d'Agriculture et Agro-alimentaire Canada à Saint-Jean-sur-Richelieu. Les larves de TBO ont été collectées en juin 1994 dans un verger commercial à Deux-Montagnes, Qc. (population résistante) et dans une forêt à Sainte-Foy, Qc. (population sensible) () (Annexe A; Figure 6). Les deux populations ont été élevées jusqu'à la troisième génération. L'huile de tanaisie a été obtenue à partir de plants provenant de Lavaltrie au Québec et distillés par la méthode de l'entraînement à la vapeur (Annexe A; Figure 7). Trois formulations contenant l'huile de tanaisie à 0, 0.1, 1 et 10% ont été préparées: 1) **TE** contenant de l'huile de tanaisie et de l'éthanol 95%, 2) **TSW** contenant de l'huile de tanaisie, un émulsifiant (Alkamul EL-620) et l'eau distillée, et 3) **TSWD** contenant de l'huile de tanaisie, un émulsifiant (Alkamul EL-620), le dillapiole et l'eau distillée.

Les formulations **TSW** et **TSWD** ont été testées topiquement sur les larves de troisième et quatrième stades de la population résistante en déposant 0.5µl sur la partie dorsale de l'insecte à l'aide d'une microseringue (Annexe A; Figure 8). Les larves ont été élevées sur diète artificielle durant 144h avant de noter la mortalité larvaire.

Les formulations **TE**, **TSW** et **TSWD** ont été testées oralement sur les larves à jeun de troisième et quatrième stades de la population résistante à partir de disques de nitrate de cellulose (6.5 mm de diamètre)(Annexe A; Figure 9). Après 24h d'exposition aux disques traités, les larves étaient transférées sur diète artificielle avant de noter la mortalité jusqu'à 144h après cessation du contact avec les disques. Les disques de l'expérience ont été collés sur un carton noir (Annexe A; Figure 10A) et leur surface ont été comparés à celles du témoin à l'aide d'un analyseur numérique d'image (Annexe A; Figure 10B).



À partir de la population sensible et résistante de la TBO, les larves de premier stade des populations sensibles et résistantes ont été déposées sur diète artificielle contenant respectivement 0, 0.01, 0.1 et 1% d'huile de tanaïs (Annexe A; Figure 11). Le poids des larves, la mortalité larvaire, la présence de pupes ainsi que leur poids et, l'émergence des adultes ont été notés à tous les quatre jours durant 68 jours.

Finalement, l'intérieur d'un bécher de 50 ml a été enduit de 200µl de la formulation **TE** et séché durant 2h. Une femelle, préalablement mise en présence de deux mâles durant 24h (Annexe A; Figure 12A), était déposée dans le bécher contenant les résidus d'huile séchés et incubé durant 24h (Annexe A; Figure 12B). Par la suite, la femelle était retirée du bécher et les oeufs comptés au binoculaire. Les béchers contenant des oeufs étaient déposés dans des plats en plastique de 500 ml et remis en incubation jusqu'à éclosion des oeufs. Les larves étaient comptées individuellement à l'aide d'un pinceau à pointe fine.

Ce mémoire de maîtrise comporte deux sections rapportant les résultats et discussions liés au projet de recherche. La première section (Chapitre 2) porte sur l'activité antiappétante de l'huile, ses effets sur le développement larvaire lorsqu'ingérée de façon chronique, l'activité de dissuasion des résidus d'huile séchés sur l'oviposition des femelles et les propriétés ovicides des résidus d'huile. Cette section est présentée en anglais sous la forme d'un article scientifique devant être soumis à la revue "Journal of Chemical Ecology" selon les recommandations aux auteurs. La seconde section (Chapitre 3) présente les autres résultats exclus de l'article scientifique traitant de la toxicité topique et orale des trois formulations, du synergisme du dillapiol, du taux de pupaison, du taux d'émergence ainsi que de la comparaison entre les populations sensibles et résistantes en fonction des paramètres de développement. La partie traitant de la discussion fait le lien entre les résultats obtenus dans le chapitre 2 et ceux du chapitre 3. Une conclusion générale donnera une vue

d'ensemble des résultats du projet ainsi que les projets d'avenir concernant la lutte contre la TBO à l'aide de l'huile de tanaïs.

## CHAPITRE 2

### EFFECT OF TANSY OIL, *TANACETUM VULGARE* L., ON THE BIOLOGY OF THE OBLIQUEBANDED LEAFROLLER, *CHORISTONEURA* *ROSACEANA* (HARRIS) (LEPIDOPTERA: TORTRICIDAE)

NANCY LAROCQUE<sup>1,2\*</sup>, CHARLES VINCENT<sup>2</sup>, ANDRÉ BÉLANGER<sup>2</sup>  
and JEAN-PIERRE BOURASSA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Université du Québec à Trois-Rivières, C.P. 500,*

*Trois-Rivières, Qc, Canada, G9A 5H7.*

<sup>2</sup>*Centre de Recherche et de Développement en Horticulture, Agriculture*

*Canada,*

*430 boul. Gouin, St-Jean-sur-Richelieu, Qc., Canada, J3B 3E6.*

---

\* To whom correspondance should be addressed.

### Abstract

The obliquebanded leafroller, *Choristoneura rosaceana* (Harris) (Lepidoptera: Tortricidae) have developed resistance to synthetic insecticides in some apple orchards in the North America. In an attempt to find alternative control methods, tansy oil have been bioassayed on OBLR to determine its antifeedant activity, its effects on the developmental parameters of the insect and its oviposition deterrent activity. Formulation *TSW* (tansy oil, surfactant, distilled water) reduced the feeding rate of the larvae at low concentrations whereas formulation *TSWD* (tansy oil, surfactant, dillapiole, distilled water) increased the feeding rate with increasing concentration. In the chronic exposure test, all larvae from susceptible and resistant populations died when reared on diet treated with 0.1 and 1% of tansy oil. Monoterpene vapors could had fumigant action or burned the cuticular membrane of the larvae. Presence of 0.01% of tansy oil in the diet had not affected the developmental parameters, except for pupal weight gain of females, implying that may affect the growth hormonal activity of the OBLR female. Results suggest that the concentration of tansy oil significantly affecting developmental parameters would lie between 0.01 and 0.1%. Residues of formulation *TE* (tansy oil, ethanol 95%) deterred oviposition of females. No females survived when exposed to dried residues of 10% tansy oil

**Key Words**-Antifeedant activity, larval development, tansy oil residues, oviposition deterrent, ovicidal activity, *Tanacetum vulgare*, tansy oil, dillapiole, *Choristoneura rosaceana*, obliquebanded leafroller.

## Introduction

The obliquebanded leafroller (OBLR), *Choristoneura rosaceana* (Harris) (Lepidoptera: Tortricidae), is a native polyphagous species widely distributed in temperate North America (Reissig et al., 1986). Larvae preferably feed on leaves and fruits of *Rosaceae* plants including apples, (Chapman and Lienk, 1971). Since the 1980's, OBLR populations have developed resistance to synthetic insecticides in orchards of New York (Reissig et al., 1986), Quebec (Bellerose et al., 1991; Carrière et al., 1994) and Ontario (David Pree, person. comm.). Alternative methods such as *Bacillus thuringiensis* BERLINER var. *kurstaki* (Li et al., 1995a; Li et al., 1995b, Li and Fitzpatrick, 1996), and pheromone mating disruption (Deland et al., 1994) can be used to control OBLR populations.

Another alternative control strategy is the utilization of botanical insecticides from plant extracts that show broad-spectrum activity against phytophagous insects. For example, neem seed oil has been shown to affect the fitness of OBLR (Lowery et al., 1996). Another plant extract possessing insecticidal properties is tansy, *Tanacetum vulgare* L. (Compositae), which is found in temperate areas of the northern hemisphere. Russians and Native Amerindians from the North-East used tansy as an insecticide by spreading their fields with dried extracts of the plant (Chandler et al., 1982; Duke, 1985). The predominant compound in tansy oil is  $\beta$ -thujone, a monoterpenic cetone having antifeedant activity against Colorado potato beetle adults, *Leptinotarsa decemlineata* (Say) (Chrysomelidae) (Panasiuk, 1984; Schearer, 1984). Aqueous extracts of tansy also have antifeedant effects on the imported cabbageworm larvae, *Artogeia* (= *Pieris*) *rapae* (L.) (Lepidoptera), diamondback moth larvae, *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera) (Brewer and Ball, 1981; Hough-Goldstein and Hahn, 1992), Colorado potato beetle adults and larvae, *Leptinotarsa decemlineata* (Say) (Hough-

Goldstein, 1990), and codling moth larvae, *Cydia pomonella* (L.) (Lepidoptera) (Suomi, Brown and Akre, 1986).

The activity of an essential oil such as tansy may lie enhanced by the addition of a synergistic compound. Dillapiole, a phenylpropanoids compound found in the dill plant, *Anethum graveolens* L. (Apiaceae), showed synergism with synthetic insecticides as parathion toward fruit flies, *Drosophila melanogaster* Meig., and mosquito larvae, *Aedes aegypti* L. (Lichtenstein *et al.*, 1974; Palevitch and Craker, 1994). Woodhead and Bernays (1978) demonstrated that some mixtures of phenolic compounds reduced the feeding activity of *Locusta migratoria* (L.).

Gabel and Thiéry (1994) demonstrated that tansy odor had a deterrent effect on oviposition and mating behavior of the European grapevine moth, *Lobesia botrana* Den. and Schiff. (Lepidoptera: Tortricidae) and that exposure to tansy odor reduced longevity of adults. When females of *Lobesia botrana* were in presence of tansy oil odor, egg laying was reduced by 30 to 80%. Hough-Goldstein and Hahn (1992) showed that aqueous extracts of tansy reduced half of the hatching of imported cabbageworms, *Pieris rapae* and diamondback moths, *Plutella xylostella*.. The quality of food and its availability to the larvae chosen by females for oviposition is of almost importance for the survival of their progenies (Chapman, 1974; Honda, 1995). For instance, females of the obliquebanded leafroller preferred to oviposit on apple trees (Carrière *et al.*, 1995) and it was demonstrated that females emerging from larvae that had fed on apple leaves, had a 26% higher mean fecundity than if fed on trembling aspen, wild rose or snowberry (Carrière, 1992).

The goals of this study were to: 1) examine the feeding activity of two formulations containing tansy oil and tansy-dillapiole on third instar larvae of resistant OBLR populations; 2) determine the effects of tansy oil on the growth and development of resistant and susceptible OBLR populations; 3) determine the oviposition deterrent activity of dried residues of tansy oil; and 4) assess ovicidal activity of tansy oil residues.

## Materials and methods

*Insect rearing:* Overwintered OBLR larvae were collected in June 1995. The insecticide-resistant population was collected from a commercial apple orchard at Deux-Montagnes (45°29'N, 74°03'W), Québec, Canada. The insecticide-susceptible population was collected in an unsprayed forest at Sainte-Foy (46°48'N, 71°13'W), Québec, Canada. The populations were reared in separate growth chambers (21°C, 16L:8D photoperiod, 65% RH) on a pinto bean-based artificial diet (modified from Shorey and Hale, 1965). The two populations were reared continuously for three generations.

*Botanical insecticide:* The essential oil of *Tanacetum vulgare* was obtained by steam distillation of fresh tansy plants, harvested in September 1995 at Lavaltrie (45°53'N, 73°15'W), Québec, Canada, in a 380 L portable distillation unit. The tansy oil was analysed by gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). Gas chromatography was performed using a Varian 6000 series Vista equipped with two flame ionization detectors and a Varian DS 654 integrator. The columns used were a fused silica Durabond DB-1 (0.25 µm film thickness, 30 µm x 0.25 mm i.d.), and a fused silica Durabond DB-Wax (0.25 µm film thickness, 30 µm x 0.25 mm i.d.) (J & W Scientific, Folsom, CA). For all analyses, the temperature program was as follows: 40°C initial temperature, 2°C/min. to 250°C with helium as the carrier gas. The injector and detector temperatures were 230 and 250°C, respectively. Injections of 1 µl were made in the splitless mode and changed to the split mode after 0.10 min. Retention indices were calculated relative to n-alkane standards. Electron impact mass spectra were obtained using a Varian Saturn II Ion Trap mass spectra detector at an ionizing potential of 70 eV. The column used was a fused silica Durabond DB-5 (0.25 µm film thickness, 30 m x 0.25 mm i.d.) under the same conditions as described above. The tansy oil contained by importance 88.63% β-thujone, 6.51% germacrene-D, 1.14% α-thujone, 0.51% p-cymene, 0.43% sabinene, 0.38% β-caryophyllene, 0.35% 1,8-cineole, 0.35%

camphor, 0.22% 4-terpineole and 1.48% unknown. Three formulations containing tansy oil were tested against OBLR and are reported in Table 1.

*Feeding activity.* Antifeedant activities of formulations *TSW* and *TSWD* were bioassayed using nitrocellulose disks (6.5 mm in diameter). Fifteen disks were pinned on a styrofoam tray (22.7 X 28.0 cm); each disk was slightly raised (ca. 1mm) to facilitate larval feeding, and received 5 ml of formulation. Sixty larvae (5-25 mg) from the resistant population (10 replications of six larvae per concentration) were fasted for 24h. The insects were individually placed near the treated cellulose disk and covered with a Petri dish lid (3,5 cm diameter). The styrofoam trays were covered with plastic wrap to reduce evaporation and were placed in a growth chamber at 21°C, 16L:8D photoperiod, and 65% RH. After 24h, larvae were removed from the disk. For measuring antifeedant activity, the area of nitrocellulose disks consumed by the larvae was compared to that of control disks using a digital image analyzer (Panneton and Drummond, 1991).

*Chronic exposure.* To determine the effect of chronic exposure on the larvae of both populations, tansy oil was incorporated in 200 ml of diet at concentrations of 0.01 (0.02ml), 0.1 (0.2ml) and 1% (2ml) (Lowery et al., 1996). Test diets were prepared by thoroughly mixing the oil and artificial diet (45°C) with a spoon for approximately one minute. Diet without added tansy oil was used as the control. Newly emerged larvae were transferred individually to plastic cups (ca. 29.6 ml) containing the diet, and insects were incubated as described above. The experiment was replicated 10 times, with six larvae per concentration. Larval and pupal weights, larval mortality, and rates of pupation and adult emergence were recorded every fourth day for 68 days.

*Oviposition deterrent and ovicidal activity.* One female and six male pupae were reared separately in a mating chamber consisted of a plastic vial (4 by 6.5 cm) whose bottom was cut. A plastic cover was placed to cap the bottom and a small glass shell (15 by 45 mm) was inserted through the cover. This glass shell contained a cotton roll soaked in 10%



sucrose solution to feed emerging adults. The top of the mating chamber was covered with fine muslin held tight by a plastic ring (40 mm diameter). Upon female emergence, two male moths were transferred to a mating chamber containing a female for a 24h period. To check for effect on oviposition activity, two hundred microliters of formulation *TE* was coated inside a beaker (50 ml). After the inner surface dried, the beaker was turned over (i.e. opening down) until the test. After two hours of drying, one female was inserted in the beaker and the opening was covered with a fine muslin. The beaker was incubated in a growth chamber at 21°C, 16L:8D and 65% RH. After 24h, the female was removed from the beaker and presence of egg masses was noted. The number of eggs in each mass was counted under the binocular microscope. Twenty-five females were bioassayed individually with each concentration.

*Statistical analyses.* In the experiment on antifeedant activity, comparison of the disk area consumed between formulation *TSW* and *TSWD* for each concentration were subjected to ANOVA. Survival data from the chronic exposure test were analyzed using contingency tables and multiple comparisons for proportions (Abacus Concepts Inc., 1992; Zar, 1984). For each population, larval weight gain, pupal weight and larval development in the chronic exposure test were subjected to ANOVA (Abacus Concepts Inc., 1992). Linear regression (Abacus Concepts Inc., 1992) was used to determine the relationships between concentration and response in the oviposition deterrent and ovicidal activity tests.

## Results

*Feeding activity.* Formulation *TSW* reduced the feeding rate of OBLR larvae with decreasing concentrations of tansy oil (Figure 1). Disk areas pertaining to concentrations 1 and 10% of tansy oil were not significantly ( $p=0.05$ ) different from that the control. Disks treated at 0.1% of tansy oil were significantly ( $p<0.05$ ) less eaten (8.3%) than those with 10% tansy oil (18.5%) and the control (15.9%). Formulation *TSWD*, containing mixture of tansy oil-dillapiole, increase the feeding proportional to the increase of tansy oil concentrations (Figure 2). Disks treated at 1 and 10% of tansy oil were eaten significantly ( $p<0.05$ ) more than those at 0.1% and the control.

*Chronic exposure.* In the susceptible population, OBLR larvae reared during four days on diet containing 1% of tansy oil had a survival rate (0%) significantly ( $p<0.0001$ ) lower than that at 0.1% of tansy oil (30%) (Figure 3). At concentrations 0.1 and 1%, all the larvae were dead after 45 days. Percent of larval survival at 0.1% (30%) was significantly ( $p<0.0001$ ) lower than those at 0.01% (92%) and control (93%) after four days. Larval survival rates from the control and the 0.01% treatment were kept higher than 60% throughout the experiment. There was no significant ( $p=0.05$ ) difference between the control and the 0.01% concentration of tansy oil from day 4 to day 68. In the resistant population, no first instar larvae survived on diet containing 1% of tansy oil after four days (Figure 4). Percentage of larval survival at 1% (0%) was significantly ( $p<0.0001$ ) lower than that at 0.1% of tansy oil (35%) after four days. After 28 days on diet treated with 0.1 and 1% of tansy oil, 100% of the larvae were dead. Larval survival rate at 0.01% (93%) was significantly ( $p<0.0001$ ) higher than that at 0.1% (35%) at day 4 but was not significantly ( $p=0.05$ ) different than that of control from day 4 to day 68.

Because no larva survived on diet containing 0.1 and 1% of tansy oil, only developmental parameters of the larvae treated with 0.01% concentration were compared with

the control (Table 2). There were no significant ( $P=0.05$ ) differences between the control diet and the 0.01% diet for larval weight gain, larval development time and male pupal weight in both populations. However, in the susceptible population, female pupae from the control were significantly ( $P<0.05$ ) lighter (90.1 mg) than female pupae at 0.01% tansy oil (108.1 mg). In the resistant population, female pupae of the control (94.4 mg) weighted significantly more ( $P<0.05$ ) than female pupae at 0.01% tansy oil (74.6 mg).

*Oviposition deterrent and ovicidal activity.* Egg-laying on *TE* formulation residues significantly decreased with increasing concentrations of tansy oil ( $P<0.05$ ,  $R^2=0.93$ ; Figure 5). No females survived after 24h exposure to 10% tansy oil dried residues.

## Discussion

Laboratory tests by Suomi, Brown and Akre (1986) demonstrated that neonate codling moth larvae of *Cydia pomonella* (L.), ate only 3% of apple cores when treated with 1% of tansy extract. This antifeedant property of tansy extract is supported by other experiments on Lepidopteran species such *P. rapae* and *P. xylostella* (Brewer and Ball, 1981; Hough-Goldstein and Hahn, 1992). Our results show that formulations *TSW* and *TSWD*, containing tansy oil, has no antifeedant activity on OBLR larvae as expected in previous reports. Formulation *TSW* at higher concentrations (1 and 10%) did not affected the feeding rate of OBLR larvae, comparatively to control. At lower concentrations, 8% of the 0.1% treated disks area was eaten by the larvae. This case is reported by Schoonhoven *et al.* (1992) who explain that a substance tested at low concentrations may produced an effect opposite to what expected than at a high concentrations.

Formulation *TSWD* have no antifeedant effects, but rather induce feeding of OBLR third instar. Presence of dillapiole with tansy oil in formulation *TSWD* increased the feeding

activity of OBLR larvae comparatively to formulation *TSW*. One report deals with antifeedant activity of phenolic compounds on *Locusta migratoria* (L.) (Woodhead and Bernays, 1978) but none on phagostimulation activity. As terpenoids, phenylpropanoids are known to be found in the essential oil fraction from plant tissues and to contribute to the odors of plants (Harborne and Baxter, 1993). To our knowledge, this is the first published report on the phagostimulant effect of a tansy oil-dillapiole formulation on an insect pest. Use as synergist with other synthetic insecticides, dillapiole could be mixed with others essential oils as synergist but more research must be made in the compatibility between them.

OBLR from the Oka (Qc.) region area showed cross-resistance among three insecticides (i.e. azinphosmethyl, cypermethrin and methomyl) (Carrière, et al., 1996); and cross-resistance predisposed them to develop resistance to new compounds (Denhom and Rowland, 1992). An insect resistant to synthetic insecticides can detoxify the insecticide by enhanced enzyme production (Devonshire and Field, 1991). Little is known about the mechanisms of detoxification of tansy oil by OBLR. However, it is likely that these mechanisms are different than that used for synthetic insecticides.

Although the specific mode of action of tansy oil on the larvae is unknown, the toxic effect of monoterpene vapors could be in part responsible for OBLR larval mortality. In the chronicity bioassay, larvae were reared in a closed area where the tansy oil vapors were continually being released by the diet. Some reports demonstrated that in a closed area, monoterpene vapors had a fumigant action on adults of several insect species (Coats *et al.*, 1991; Karr and Coats, 1992; Rice and Coats, 1994a-1994b; Smith, 1965). Also, monoterpene vapors could be topically toxic by burning the cuticular membrane of the larvae.

Hough-Goldstein and Hahn (1992) reported that larvae of imported cabbageworms reared on leaves treated with 5% of tansy extract took longer to develop and produced lighter pupae. In our experiment, chronicity of tansy oil at 0.01% in the artificial diet did not significantly affect all developmental parameters of the susceptible and resistant populations,

except for female pupal weight. Tansy oil seem to have a disturbing effect on the growth hormonal activity of OBLR female. Monoterpenoids, found in tansy oil, are specifically lipophilic compounds that possess high potential for toxic interference with the biochemical and physiological functions of insect herbivores (Brattsten, 1983). Presence of tansy oil at low concentrations slightly affected the larval weight gain in both populations. The growth rate of OBLR larvae reared on 0.01% tansy oil and the control diet was respectively 11.8 and 14.5 mg/day. Our data suggest that the concentration of tansy oil in the diet that can exert a significant effect on larval development lies between 0.01 and 0.1%.

In our experiment, residues of the *TE* formulation, containing tansy oil and ethanol, deterred OBLR female oviposition. Gabel and Thiéry (1993) suggest that physiological and behavioral mechanisms directly related to oviposition can be affected by the presence of tansy odor. In many lepidopterous insects, the presence of secondary compounds from plants is one of the factors that stimulated or inhibited oviposition of females (Honda, 1995). Our experiments showed that formulation *TSW* had a feeding deterrent activity at low concentrations whereas formulation *TSWD*, containing tansy oil and dillapiol, had a phagostimulant effect on OBLR third instar. Larvae from both populations were affected by the presence of tansy oil in the diet, and tansy oil residues from *TE* formulation had an oviposition deterrent effect on OBLR females. Tansy oil have demonstrated a large spectrum of activity toward several pests acting as repellent, attractant, growth regulator and oviposition deterrent but few publications deal with its mode of action. Further investigations must be made in the identification of the monoterpenoids in tansy oil responsible for the biological effect on OBLR. The use of an essential oil or monoterpenoids in plant protection gives alternative prospects in pest population control.

*Acknowledgments*—We thank the following people at the Horticultural Research and Development Center: Benoit Rancourt and André Poliquin for technical assistance and computing advice, and Bernard Panneton for access to a digital image analyzer. M. J. Smirle (Agricultural and Agri-Food Canada, Summerland, B.C.) and Y. Carrière (University Laval, Qc.) commented the manuscript. Antoine Aubin (Université du Québec à Trois-Rivières, Qc.) for statistical advices. We thank Joseph T. Arnason (University of Ottawa, Ont.) for providing dillapiole sample.

## References

- ABACUS CONCEPTS INC. 1992-95. StatView: The Ultimate Integrated Data Analysis and Presentation System. Berkeley, California.
- BELLEROSE, S., VINCENT, C. and PILON, J.-G. 1991. Résistance à trois insecticides synthétiques de la tordeuse à bandes obliques de la région de Deux-Montagnes. Centre de Recherche et de Développement en Horticulture, Saint-Jean-sur-Richelieu, Qué., Résumé des recherches, 20 :5-7.
- BRATTSTEN, L. B. 1983. Cytochrome P-450 involvement in the interactions between plant terpenes and insect herbivores. *in*: Hedin, P. A. (eds). *Plant resistance to insects*. ACS Symposium Series 208, American Chemical Society, Washington, D.C. pp. 173-195.
- BREWER, G.J. and BALL, H.J. 1981. A feeding deterrent effect of a water extract of tansy (*Tanacetum vulgare* L., Compositae) in three Lepidopterous larvae. *J. Kansas Entomol. Soc.* 54:733-736.
- CARRIERE, Y. 1992. Larval dispersal from potential hosts within a population of a generalist herbivore, *Choristoneura rosaceana*. *Entomol. Exp. Applic.* 65:11-19.
- CARRIERE, Y., DELAND, J.-P., ROFF, D.A. and VINCENT, C. 1994. Life-history costs associated with the evolution of insecticide resistance. *Proc. R. Soc. Lond. B.* 258:35-40.
- CARRIERE, Y., ROFF, D.A. and DELAND, J.-P. 1995. The joint evolution of diapause and insecticide resistance: a test of an optimality model. *Ecology* 76:1497-1505.
- CARRIERE, Y., DELAND, J.-P. and ROFF, D.A. 1996. Obliquebanded leafroller (Lepidoptera: Tortricidae) resistance to insecticides: among-orchard variation and cross-resistance. *J. Econ. Entomol.* 89: 577-582.

- CHANDLER R., HOOPER, S.N., HOOPER, D.L., JAMIESON, W.D. and LEWIS, E. 1982. Herbal remedies of the Maritime indians: sterols and triterpenes of *Tanacetum vulgare* L. (Tansy). *Lipids* 17: 102-106.
- CHAPMAN, P. J. and LIENK, S. E. 1971. Tortricid fauna of apple in New York. New York State Agricultural Experiment Station, Cornell University, Geneva, NY. pp. 122.
- CHAPMAN, R.F. 1974. The chemical inhibition of feeding by phytophagous insects: a review. *Bull. entomol. Res.* 64: 339-363.
- COATS, J. R., KARR, L. L. and DREWES, C. D. 1991. Toxicity and neurotoxic effects of monoterpenoids. in: HEDIN, P. A. *Naturally occurring pest bioregulators..* ACS Symposium Series 449. American Chemical Society, Washington, DC. pp. 305-316.
- DELAND, J.-P., JUDD, G.J.R. and ROITBERG, B.D. 1994. Disruption of pheromone communication in three sympatric leafroller (Lepidoptera: Tortricidae) pests of apple in British Columbia. *Environ. Entomol.* 23:1084-1090.
- DENHOLM, I. and ROWLAND, M.W. 1992. Tactics for managing pesticide resistance in arthropods: Theory and Practice. *Annu. Rev. Entomol.* 37:91-112.
- DEVONSHIRE, A.L. and FIELD, L.M. 1991. Gene amplification and insecticide resistance. *Annu. Rev. Entomol.* 36:1-23.
- DUKE, J.A. 1985. CRC Handbook of medicinal herbs. Boca Raton. Florida, CRC Press. pp. 474-567.
- GABEL, B. and THIÉRY, D. 1994. Non-host plant odor (*Tanacetum vulgare*; Asteracea) affects the reproductive behavior of *Lobesia botrana* Den. et Schiff. (Lepidoptera: Tortricidae). *J. Insect Behavior* 7: 149-157.
- HARBORNE, J. B. and BAXTER, H. 1993. Phytochemical dictionary. A handbook of bioactive compounds from plants. Taylor & Francis Limited, London, UK., 791 pp.
- HONDA, K. 1995. Chemical basis of differential oviposition by lepidopterous insects. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology* 30: 1-23.



- HOUGH-GOLDSTEIN, J.A. 1990. Antifeedant effects of common herbs on the colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae). *Environ. Entomol.* 19: 234-238.
- HOUGH-GOLDSTEIN, J. and HAHN, S.P. 1992. Antifeedant and oviposition deterrent activity of an aqueous extract of *Tanacetum vulgare* L. on two cabbage pests. *Environ. Entomol.* 21: 837-844.
- KARR, L. L. and COATS, J. R. 1992. Effects of four monoterpenoids on growth and reproduction of the german cockroach (Blattodea: Blattellidae). *J. Econ. Entomol.* 85: 424-429.
- LICHTENSTEIN, E. P., LIANG, T. T., SCHULZ, K. R., SCHNOES, H. K. and CARTER, G. T. 1974. Insecticidal and synergistic components isolated from dill plants. *J. Agric. & Food Chem.* 22:658-664.
- LI, S.Y., FITZPATRICK, S.M. and ISMAN, M.B. 1995a. Susceptibility of different instars of the obliquebanded leafroller (Lepidoptera: Tortricidae) to *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki*. *J. Econ. Entomol.* 88: 610-614.
- LI, S.Y., FITZPATRICK, S.M. and ISMAN, M.B. 1995b. Effect of temperature on toxicity of *Bacillus thuringiensis* to the obliquebanded leafroller (Lepidoptera: Tortricidae). *Can. Entomol.* 127:271-273.
- LI, S.Y. and FITZPATRICK, S.M. 1996. The effects of application rate and spray volume on efficacy of two formulations of *Bacillus thuringiensis* Berliner Var. *kurstaki* against *Choristoneura rosaceana* (Harris) (Lepidoptera: Tortricidae) on raspberries. *Can. Entomol.* 128:605-612.
- LOWERY, D.T., BELLEROSE, S., SMIRLE, M.J., VINCENT, C. and PILON, J.-P. 1996. Effect of neem on the growth and development of the obliquebanded leafroller, *Choristoneura rosaceana*. *Entomol. Exp. Applic.* 79:203-209.
- PANASIUK, O. 1984. Response of colorado potato beetles, *Leptinotarsa decemlineata* (Say), to volatile components of tansy, *Tanacetum vulgare*. *J. Chem. Ecol.* 10:1325-1333.

- PALEVITCH, D. and CRAKER, L E. 1994. Volatile oils as potential insecticides. *The Herb, Spice and Medicinal Plant Digest* 12:1-5.
- PANNETON, B. and DRUMMOND, A.M. 1991. Digital image analysis of spray samples. *Applied Engineer. Agr.* 7:273-278.
- REISSIG, W.H., STANLEY, B.H. and HEBDING, H.E. 1986. Azinphosmethyl resistance and weight-related response of obliquebanded leafroller (Lepidoptera: Tortricidae) larvae to insecticides. *J. Econ. Entomol.* 79:329-333.
- RICE, P. J. and COATS, J. R. 1994a. Insecticidal properties of monoterpenoid derivatives to the house fly (Diptera:Muscidae) and red flour beetle (Coleoptera: Tenebrionidae). *Pestic. Sci.* 41:195-202.
- RICE, P. J. and COATS, J. R. 1994b. Insecticidal properties of several monoterpenoids to the house fly (Diptera: Muscidae), red flour beetle (Coleoptera:Tenebrionidae), and southern corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae). *J. Econ. Entomol.* 87:1172-1179.
- SCHEARER, W.R. 1984. Components of oil of tansy (*Tanacetum vulgare*) that repel colorado potato beetles (*Leptinotarsa decemlineata*). *J. Nat. Products* 47:964-969.
- SCHOONHOVEN, L. M., BLANEY, W. M. and SIMMONDS, M. S. J. 1992. Sensory coding of feeding deterrents in phytophagous insects. in: BERNAYS, E. *Insect-Plant interactions*. Vol IV, CRC Press, Boca Raton, FL. pp. 59-79.
- SHOREY, H.H. and HALE, R.L. 1965. Mass-rearing of the larvae of nine noctuid species on a simple artificial medium. *J. Econ. Entomol.* 58:522-524.
- SMITH, R.H. 1965. Effect of monoterpene vapors on the Western Pine Beetle. *J. Econ. Entomol.* 58:509-510.
- SUOMI, D., BROWN, J.J. and AKRE, R.D. 1986. Responses to plant extracts of neonatal codling moth larvae, *Cydia pomonella* (L.), (Lepidoptera: Tortricidae: Olethreutinae). *J. Entomol. Soc. Brit. Columbia* 83:12-18.

WOODHEAD, S and BERNAYS, E. A. 1978. The chemical basis of resistance of *Sorghum bicolor* to attack by *Locusta migratoria*. *Ent. exp. & appl.* 24:123-144.

**TABLE 1. DESCRIPTION OF THREE FORMULATIONS CONTAINING TANSY OIL.**

Concentration of tansy oil (%)	Tansy oil (g)	Ethanol 95% (g)	Surfactant* (g)	Dillapiole** (g)	Distilled water (g)
<b>Formulation 1</b>					
<i>(TE)</i>					
10	0.100	0.900	—	—	—
1	0.010	0.990	—	—	—
0.1	0.001	0.999	—	—	—
Control	—	1.000	—	—	—
<b>Formulation 2</b>					
<i>(TSW)</i>					
10	0.100	—	0.100	—	0.800
1	0.010	—	0.010	—	0.980
0.1	0.001	—	0.001	—	0.998
Control	—	—	0.100	—	0.900
<b>Formulation 3</b>					
<i>(TSWD)</i>					
10	0.100	—	0.100	0.0100	0.790
1	0.010	—	0.010	0.0010	0.979
0.1	0.001	—	0.001	0.0001	0.998
Control	—	—	0.100	0.0100	0.890

\* Surfactant: Alkamuls EL-620, Canbury, NJ, USA. in a ratio of 1:1 to tansy oil.

\*\* Dillapiole, in a ratio of 1:10 to tansy oil.

**TABLE 2. BIOLOGICAL RESPONSES OF SUSCEPTIBLE AND RESISTANT POPULATIONS TO CHRONIC EXPOSURE TO TANSY OIL IN THE ARTIFICIAL DIET.**

PARAMETER Concentration of tansy oil(%)	POPULATION*			
	Susceptible		Resistant	
	Mean $\pm$ SE	n	Mean $\pm$ SE	n
Larval weight gain (mg/day)				
0	14.8 $\pm$ 1.3 a	20	14.1 $\pm$ 1.6 a	16
0.01	11.7 $\pm$ 1.4 a	14	11.8 $\pm$ 1.3 a	9
Larval development time (L1-pupa) in days				
0	42.2 $\pm$ 3.5 a	20	38.5 $\pm$ 3.3 a	16
0.01	41.1 $\pm$ 3.6 a	14	45.8 $\pm$ 4.0 a	9
Pupal weight ♀ (mg)				
0	90.1 $\pm$ 2.9 a	14	94.4 $\pm$ 6.8 a	7
0.01	108.1 $\pm$ 3.4 b	3	74.6 $\pm$ 5.4 b	7
Pupal weight ♂ (mg)				
0	55.3 $\pm$ 2.7 a	6	49.6 $\pm$ 2.9 a	9
0.01	54.6 $\pm$ 2.0 a	11	56.2 $\pm$ 1.2 a	3

\*In each population, values followed by the same letters are not significantly different ( $P=0.05$ ), based on ANOVA (Abacus Concepts Inc., 1992).

## Legends of figures

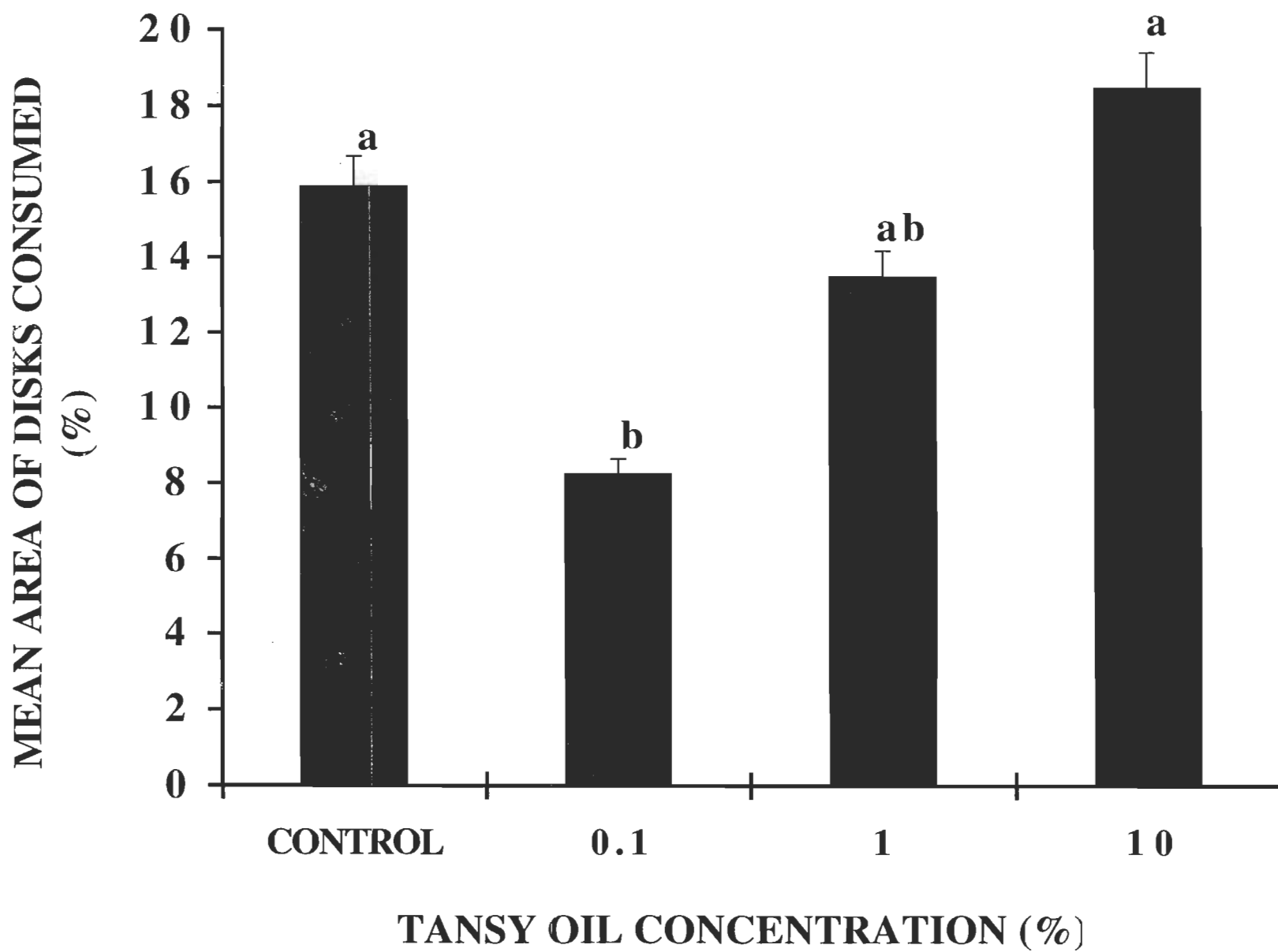
FIG. 1. Mean area of disks treated with formulation *TSW* and consumed by the third instar OBLR. Control disk of 6.5 mm in diameter=100%. For a concentration, bars superscripted by the same letters are not significantly different based on ANOVA and Tukey test for separation of means,  $P < 0.05$ .

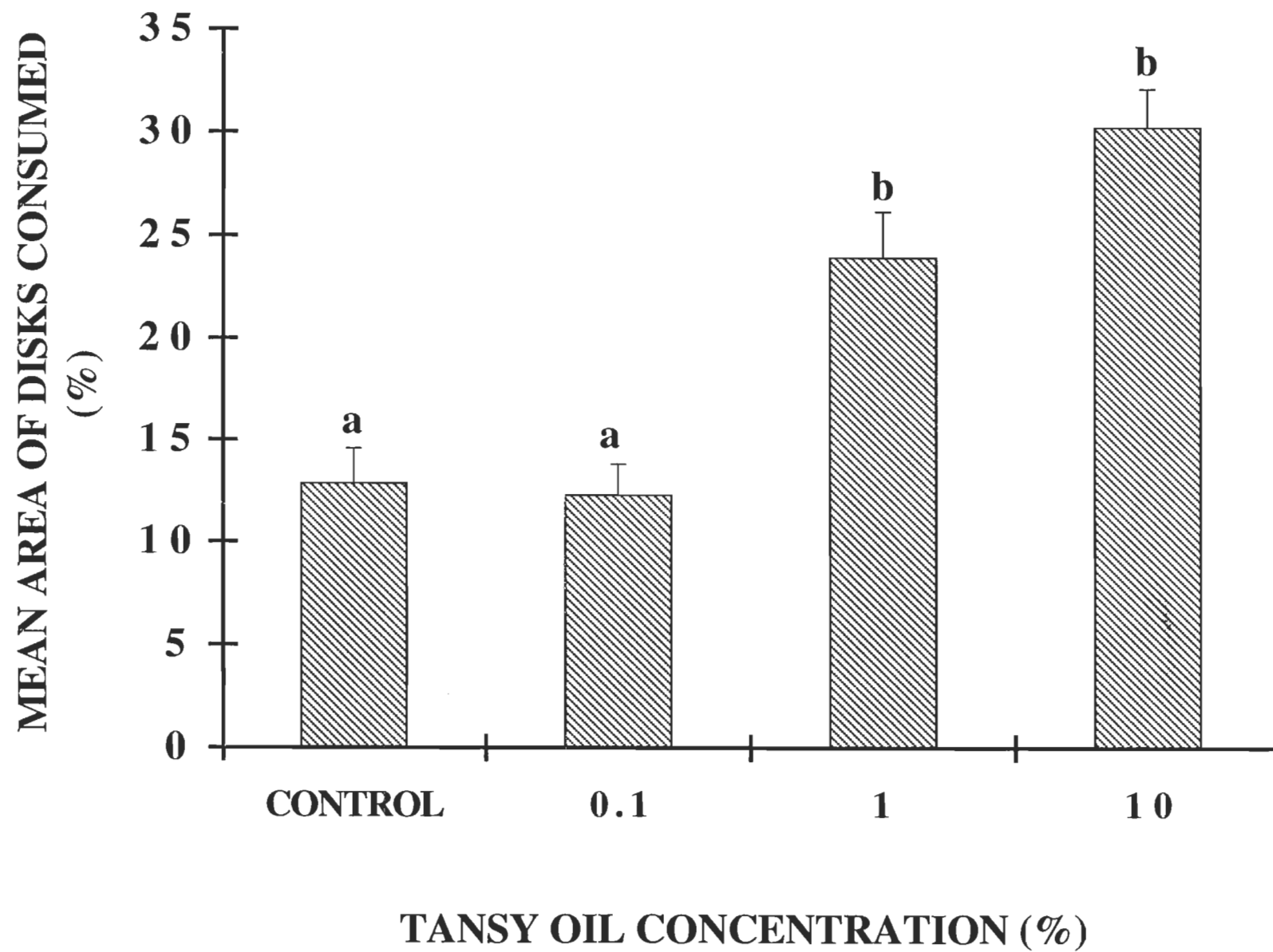
FIG. 2. Mean area of disks treated with formulation *TSWD* and consumed by the third instar. Control of 6.5 mm in diameter=100%. For a concentration, bars superscripted by the same letters are not significantly different based on ANOVA and Tukey test for separation of means,  $p < 0.05$ .

FIG. 3. Survival rate of the susceptible population reared on diet containing tansy oil during 68 days. At day 4, survival rate values followed by the same letters are not significantly different ( $P = 0.05$ ), based on test of proportions (Zar, 1985).

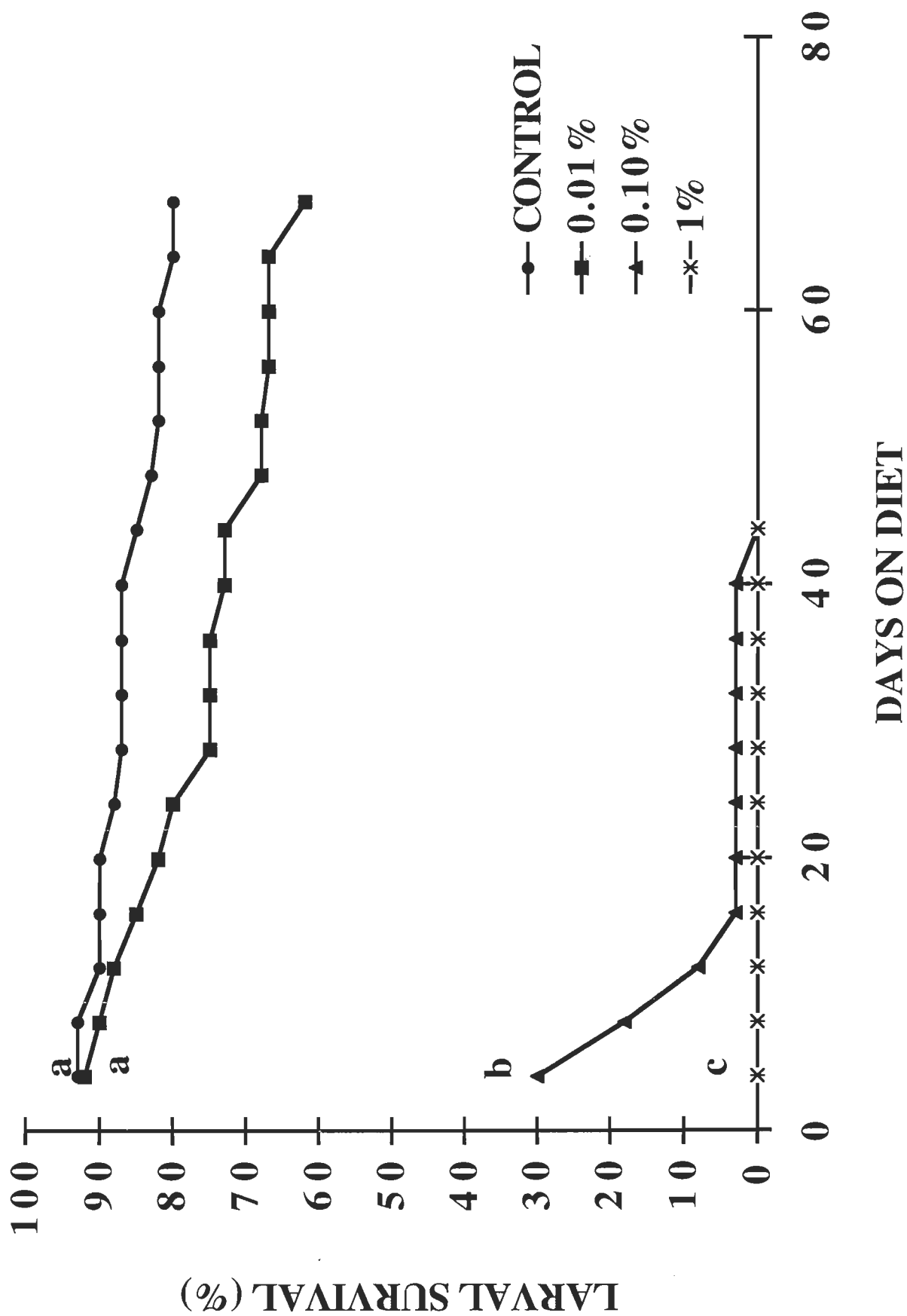
FIG. 4. Survival rate of the resistant population reared on diet containing tansy oil during 68 days. At day 4, survival rate values followed by the same letters are not significantly different ( $P = 0.05$ ), based on test of proportions (Zar, 1985).

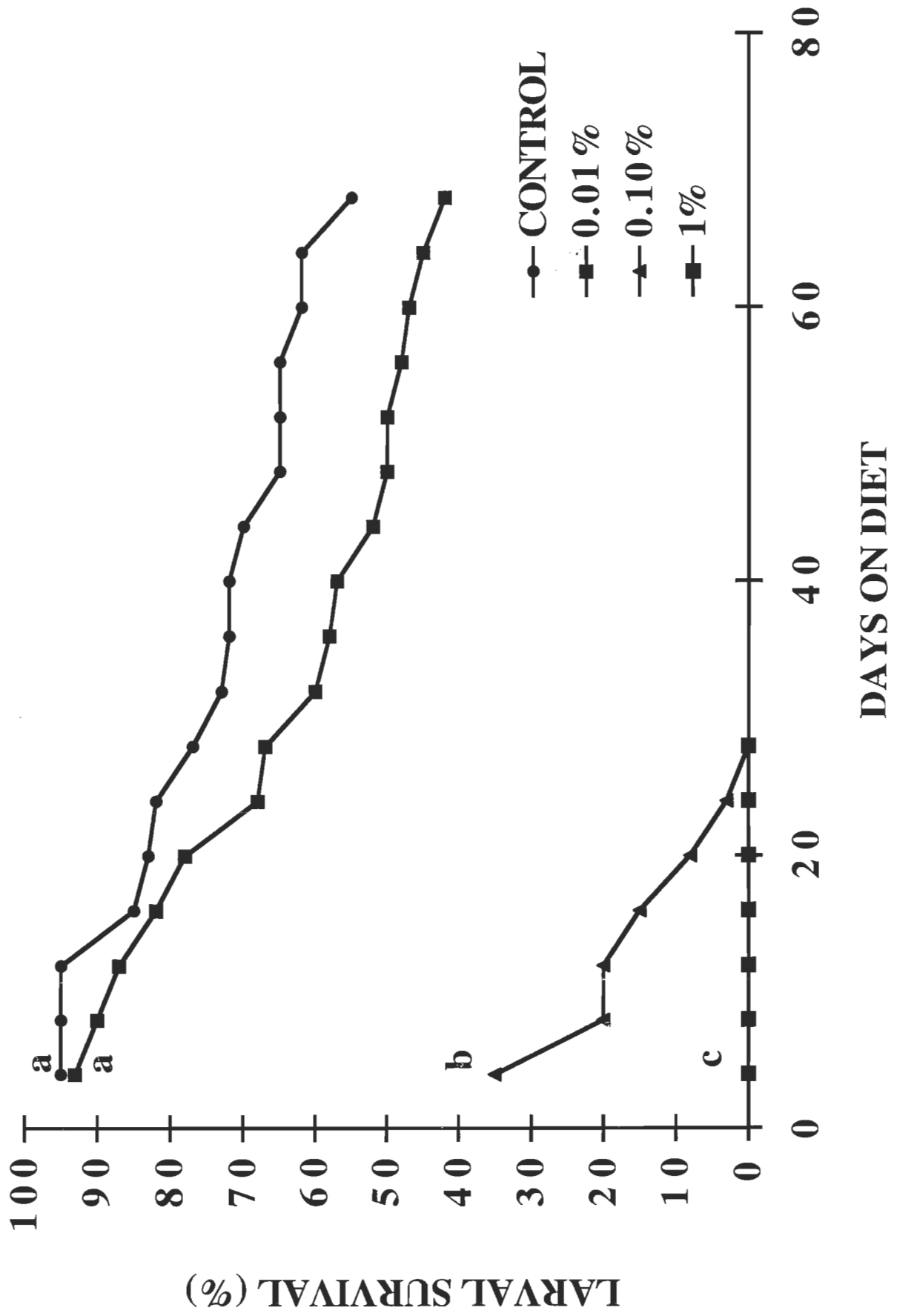
FIG. 5. Number of eggs laid by the OBLR female on dried residues of tansy oil (formulation *TE*).

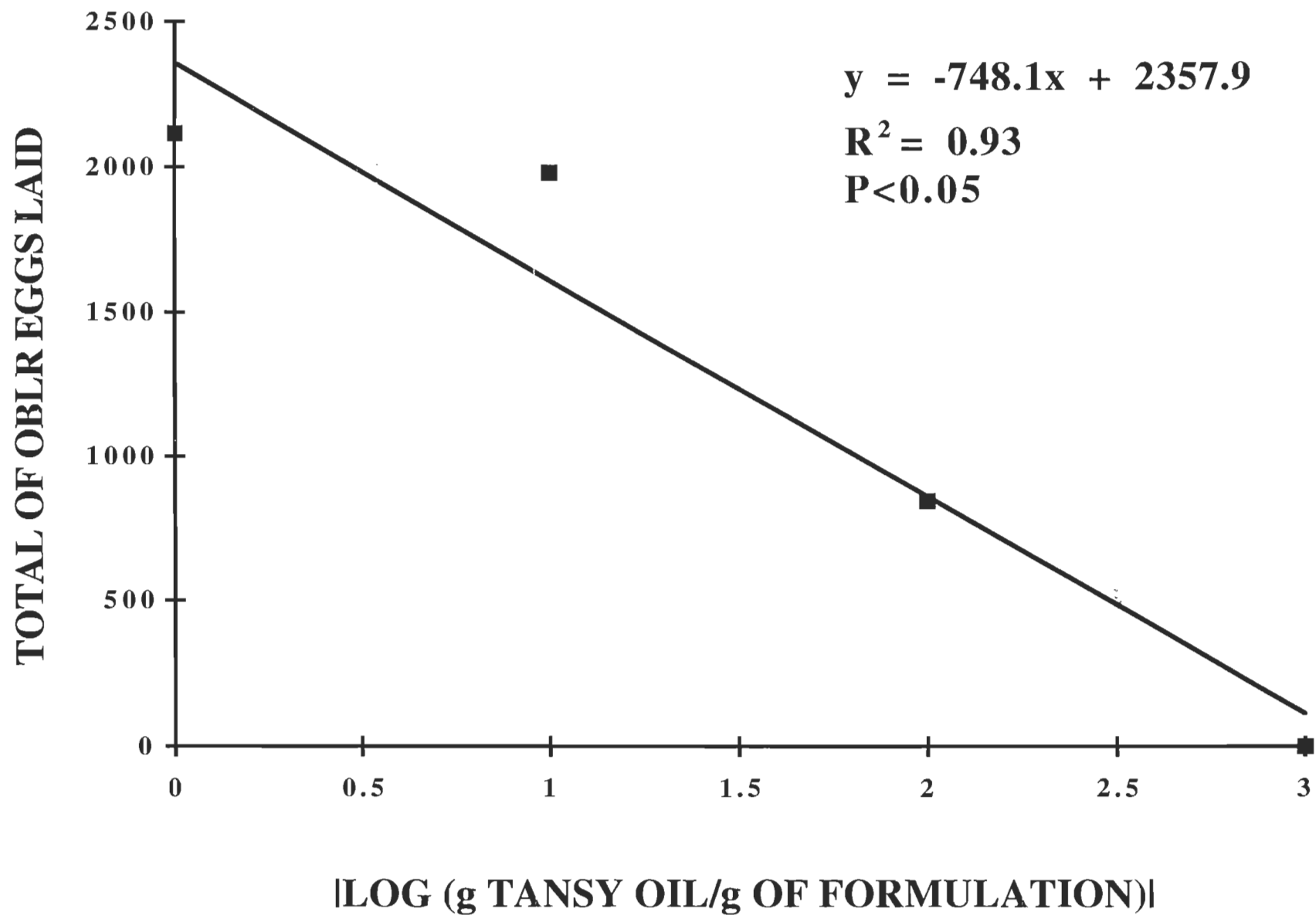












## CHAPITRE 3

### DONNEES COMPLEMENTAIRES À L'ETUDE SUR L'HUILE DE TANAISIE

Nous avons regroupé dans ce chapitre des résultats complémentaires provenant de quatre expériences sur l'huile de tanaisie et la tordeuse à bandes obliques. Quoique certains de ces résultats (Tableau 1 et 2) ne soient pas probants sur le plan biologique, ils sont toutefois présentés afin de rendre compte de l'ensemble de mes efforts de recherche.

#### Matériel et méthodes

**Toxicité topique.** Les formulations *TE* et *TSW* ont été testées topiquement sur les larves de troisième stade (5-25 mg) provenant d'une population résistante. Chaque larve recevait 0.5 µl de formulation, soit des doses de 0, 0.5, 5 et 50 µg d'huile de tanaisie, appliquée sur la partie dorsale du thorax à l'aide d'une seringue Hamilton (modèle #1702) attachée à un distributeur répétitif (Reissig *et al.*, 1986)(Figure 8). Après le traitement, les larves étaient placées individuellement dans des cupules en plastique (ca. 29.6 ml) contenant une diète artificielle à base de fève Pinto (modifié de Shorey & Hale, 1965). Le bioessai comprenait 10 réplicats de six larves par dose. La mortalité larvaire était notée à 24, 48, 72 et 144h après le traitement. Le critère de mortalité était l'incapacité de la larve à se retourner sur le ventre après avoir été placée sur le dos à l'aide d'une pincette.

**Toxicité orale et synergisme du dillapiole.** La toxicité orale des formulations *TE*, *TSW* et *TSWD* a été testée à l'aide de disques de nitrate de cellulose (6.5 mm de diamètre) (Figure 2). Quinze disques ont été épinglés sur un plateau de Styromousse (22.7 X 28.0

cm). Chaque disque était légèrement surélevé (ca. 1mm) afin de faciliter l'alimentation de la larve et recevait 5 µl de solution à l'aide d'un Pipetman (P20). Soixante larves de la population résistante (10 réplicats de 6 larves par concentration) ont été mises à jeun durant 24h. Par la suite, chaque larve était mise en présence d'un disque sous un Petri (3.5 cm de diamètre). Le plateau de Styromousse était recouvert d'une pellicule plastique afin de réduire l'évaporation et incubé dans une chambre de croissance à 21°C, 16L:8O et 65% d'humidité relative. Après une exposition au disque, les larves étaient transférées dans les cupules de diète. La mortalité larvaire était notée à 24, 48, 72 et 144h après cessation du contact avec les disques.

Le synergisme relatif du dillapiole (SR) a été calculé comme suit:  $SR = 10^{m_1 - m_2}$  où  $m_1 = \log CL_{50}$  de la formulation contenant l'huile de tanaïs et  $m_2 = \log CL_{50}$  de la formulation contenant l'huile de tanaïs et le dillapiol (El-Sayed & Knowles, 1984). La combinaison binaire (huile de tanaïs + dillapiol) atteignant une valeur de  $SR \leq 1$  était considérée comme inactive; une valeur de SR entre 1 et 2 indiquait une activité marginale; et une valeur de  $SR \geq 2$  était interprétée comme une interaction synergique.

**Exposition chronique à l'huile de tanaïs.** La méthodologie utilisée dans cette expérience est aussi décrite en entier dans le chapitre précédent. Seuls la mortalité larvaire, le taux de pupaison, le taux d'émergence des adultes ainsi que la comparaison entre les deux populations seront considérés dans ce chapitre étant donné leur absence dans le chapitre précédent.

**Activité ovicide.** La méthodologie utilisée dans cette expérience fait suite à celle du chapitre précédent au sous-titre "Oviposition deterrent". Après une exposition de 24h aux résidus d'huile de tanaïs, les femelles ont été retirées des béciers. Les oeufs qui ont été pondus sur les parois internes du bécier ont été comptés à l'aide d'un binoculaire. Par la suite, les béciers étaient déposés individuellement dans des pots de plastiques transparents (500 ml) puis fermés hermétiquement à l'aide d'un couvercle. Les pots ont été incubés dans

une chambre de croissance (16L:8O; 21°C et 65% d'H. R.) jusqu'à éclosion des larves. Le taux d'éclosion a été noté en enlevant les larves une par une à l'aide d'un pinceau à pointe fine.

**Analyses statistiques.** Les données provenant de la toxicité topique et orale ainsi que de la chronicité de l'huile ont été soumises à une analyse Probit à l'aide du logiciel POLO-PC (LeOra Software, 1987). Le taux de pupaison et d'émergence des adultes ont été analysés par une comparaison de deux proportions avec correction de continuité de Yates (Zar, 1984). Lorsque la population sensible fut comparée à la population résistante, les taux de pupaison et d'émergence des adultes ont été déterminés par une comparaison de deux proportions alors que l'ANOVA fut utilisée dans l'analyse du gain de poids larvaire, du poids des pupes et du temps de développement larvaire (Zar, 1984). L'activité ovicide de la formulation *TE* a été analysée en comparant les proportions entre les oeufs pondus/les oeufs éclos à l'aide d'un test de G (Zar, 1984).

## Résultats

**Toxicité et synergisme du dillapiole.** Les formulations *TE*, *TSW* et *TSWD* ne sont pas toxiques topiquement et oralement aux troisième et quatrième stades larvaires de la TBO (Tableau 1). La relation dose-mortalité n'est pas significative ( $t < 1.97$ ) et la valeur des pentes tend vers zéro. Dans de tels cas, les valeurs des  $CL_{50}$  et  $DL_{50}$  ont été extrapolées et aucun intervalle de confiance au niveau de probabilité 90, 95 et 99 n'a été calculé. La valeur du synergisme relatif ( $2 \times 10^{-6}$ ) est inférieure à 1 et indique que le dillapiole est inactif lorsqu'il est combiné avec l'huile de tanaïsie (*TSWD*) (Tableau 1).

**Exposition chronique à l'huile de tanaïsie.** Au jour 68, l'analyse Probit indique qu'il n'existe aucune relation significative ( $t < 1.96$ ) entre les doses d'huile de tanaïsie et la mortalité chez la population sensible et résistante (Tableau 2). Les valeurs obtenues au  $CL_{50}$  ne

peuvent donc être valides. Les deux pentes sont significativement ( $\chi^2=0.009$ ;  $dl=2$ ;  $P<0.05$ ) égales et ( $\chi^2=0.001$ ;  $dl=2$ ;  $P<0.05$ ) parallèles.

Chez les deux populations, la présence de l'huile de tanaisie dans la diète artificielle n'a pas affecté le développement larvaire de la TBO, sauf au niveau du poids des pupes femelles (Tableau 3). Les pupes femelles de la population sensible provenant de larves élevées sur diète contenant 0.01% d'huile de tanaisie, ont un poids significativement ( $P<0.05$ ) plus élevé que les pupes de la population résistante. Chez les deux populations, les taux de pupaison chez les témoins sont faibles (33% et 27%) et ne sont pas significativement ( $P=0.05$ ) différents à ceux des diètes traitées à 0.01% d'huile de tanaisie (Tableau 4). Les taux d'émergence des adultes à 0.01% d'huile ne sont pas significativement ( $P=0.05$ ) différents à ceux des témoins chez les deux populations. Pour une même concentration, la population sensible n'est pas significativement ( $P=0.05$ ) différente de la population résistante pour le taux de pupaison et l'émergence des adultes.

**Activité ovicide.** La proportion d'oeufs éclos est significativement plus faible ( $p<0.001$ ) que celle pondus et ce, même pour le témoin (Tableau 5). Seulement 40.4% des oeufs pour le témoin ont éclos et ces données ne peuvent servir à expliquer les résultats des autres concentrations. Cette faible éclosion pourrait provenir d'une contamination aux champignons retrouvée dans l'élevage initial. Un trempage des masses d'oeufs dans la formaldéhyde 10% aurait été ainsi nécessaire.

## Discussion

Les bioessais portant sur la toxicité topique et orale indiquent que les trois formulations (*TE*, *TSW* et *TSWD*) ne sont pas toxiques aux larves de troisième et de quatrième stades larvaires de la tordeuse à bandes obliques. Les résultats démontrent que

l'huile de tanaïs, qui est le composé actif des trois formulations, ne possède aucune propriété insecticide sur la TBO comme démontré dans des tests similaires sur les larves et les adultes du doryphore de la pomme de terre (Chiasson *et al.*, 1994), les larves de la fausse-arpenreuse du chou, *Trichoplusia ni* (Hübner), les larves de la piéride du chou, *Pieris rapae* (L.) et les larves de la fausse-teigne des crucifères, *Plutella xylostella* (L.) (Brewer & Ball, 1981).

La combinaison du dillapiol avec l'huile de tanaïs (TSWD) n'a eu aucun effet synergique lorsque la formulation était ingérée par les larves de la TBO. Lichtenstein *et al.* (1974) a démontré que le dillapiol était un bon synergiste lorsqu'il était combiné avec le parathion mais non avec le DDT. Benz (1971) suggérait que certains synergistes pouvaient interagir avec les constituants d'un insecticide et en faire des agents additifs, antagonistes ou synergistes.

Après 68 jours d'ingestion chronique de l'huile de tanaïs à différentes concentrations, les larves des deux populations n'ont pas survécues à des concentrations de 0.1 et 1% d'huile de tanaïs. Ainsi, les valeurs élevées des écarts types de la pente indiquent que le nombre de concentrations testées n'était pas assez élevé (Robertson & Preisler, 1992) puisque trois concentrations (0.01, 0.1 et 1%) étaient considérées par l'analyse dont deux (0.1 et 1%) enregistraient une mortalité de 100%. Les figures 2 et 3 du chapitre 2 démontrent un écart considérable entre les concentrations 0-0.01% et 0.1-1% au niveau de la survie larvaire. L'ajout de concentrations supplémentaires situées entre 0.01 et 0.1% d'huile de tanaïs dans la diète nous aurait permis d'obtenir une meilleure interprétation 1) entre la concentration de l'huile de tanaïs et la mortalité larvaire et, 2) des effets de l'huile de tanaïs sur le développement larvaire de la TBO après 68 jours d'exposition chronique.



Le degré de sensibilité à l'huile de tanaisie dans la diète est la même entre la population sensible et résistante pour tous les paramètres sauf au niveau du poids des pupes femelles. La présence de l'huile de tanaisie à une concentration de 0.01% a diminué le poids des pupes femelles provenant de la population résistante comparativement aux pupes provenant de la population sensible. Dans le chapitre 2, les données démontraient que les pupes provenant de larves élevées sur diète contenant 0.01% d'huile de tanaisie affectaient le poids des pupes femelles des deux populations comparativement au témoin. Il semble donc que l'huile de tanaisie dérangerait l'activité hormonale de croissance des pupes femelles lorsqu'elle est ingérée de façon chronique via la diète de l'insecte.

Bien que l'action ovicide des résidus d'huile de tanaisie n'a pu être vérifiée, Rice et Coats (1994) ont démontré que les oeufs de la mouche domestique, *Musca domestica* (L.) (Diptera: Muscidae) trempés dans une mince couche de thujone (833 µg/g) avaient un taux d'éclosion de 30%. Les monoterpènes sont reconnus comme étant des composés spécifiquement lipophiliques et possédant un potentiel élevé de toxicité. Ceci permet aux monoterpènes d'interférer avec les fonctions biochimiques et physiologiques des insectes herbivores (Brattsten, 1983). La contamination de l'embryon pourrait se faire par contacte directe avec l'oeuf ou via la femelle ayant préalablement ingéré des feuilles traitées (Grosscurt, 1978). Dans l'expérience sur la chronicité de l'huile, les données ont démontré que le poids des pupes femelles était affecté par la présence de l'huile à une concentration de 0.01% dans la diète. De cette manière, l'huile de tanaisie pourrait affecter physiologiquement la femelle, ce qui l'inciterait à pondre des oeufs contaminés. Des tests supplémentaires pourraient répondre à ces questions et confirmer possiblement l'activité ovicide des résidus d'huile de tanaisie sur les oeufs de TBO.

**Tableau 1:** Analyse Probit sur la toxicité topique et orale des formulations *TE*, *TSW* et *TSWD* testées sur les troisième et quatrième stades larvaires de la TBO provenant d'une population résistante.

Formulations	Échantillon (n)	Pente ( $\pm$ E.T.)	Valeur observée de $t^a$	Létalité <sup>b</sup>	SR <sup>c</sup>
Toxicité topique					
<i>TE</i>	240	0.4 $\pm$ 0.5	0.8	9.6X10 <sup>5</sup>	—
<i>TSW</i>	240	0.0 $\pm$ 0.3X10 <sup>14</sup>	0.0	0	—
Toxicité orale					
<i>TE</i>	240	0.9 $\pm$ 1.5	0.6	4.2X10 <sup>7</sup>	—
<i>TSW</i>	240	0.2 $\pm$ 0.2	0.7	5.3X10 <sup>5</sup>	—
<i>TSWD</i>	240	0.1 $\pm$ 0.2	0.6	1.9X10 <sup>7</sup>	2 X 10 <sup>-6</sup>

<sup>a</sup> Valeur observée de  $t \geq 1.96$  est significatif à  $p < 0.05$ .

<sup>b</sup> Toxicité topique: DL<sub>50</sub> en  $\mu\text{g}$  d'huile de tanaisie. Toxicité orale: CL<sub>50</sub> en g d'huile de tanaisie dans 1g de formulation

<sup>c</sup> La valeur du synergisme relatif  $\leq 1$  indique un produit inactif; une valeur du SR située entre 1 et 2 indique une activité marginale; et une valeur du SR  $> 2$  est interprétée comme une interaction synergique.

**Tableau 2:** Analyse Probit sur l'ingestion chronique de l'huile de tanaïsie présente dans la diète artificielle et testée sur les larves de TBO provenant de populations sensibles et résistantes aux insecticides synthétiques.

Populations	Échantillon (n)	Pente ( $\pm$ E.T.)*	Valeur observée de $t^{**}$	CL50***	$\chi^2$
Sensible	240	8.88 $\pm$ 1.2X10 <sup>6</sup> a	0.7X10 <sup>-5</sup>	0.012	0.00
Résistante	240	8.59 $\pm$ 5.6X10 <sup>5</sup> a	0.2X10 <sup>-4</sup>	0.012	0.00

\* Les valeurs des pentes suivies par une même lettre ne sont pas significativement différentes selon le test de l'égalité et du parallélisme des pentes ( $P < 0.05$ ) (POLO-PC, LeOra SoftWare, 1987).

\*\* Significatif à  $p=0.05$  si  $t \geq 1.96$ .

\*\*\* Millilitre d'huile de tanaïsie dans 200ml de diète artificielle.

**Tableau 3:** Réponse biologique des populations sensibles et résistantes ingérant de l'huile de tanaisie de façon chronique dans la diète artificielle durant 68 jours.

Paramètre	Population						
	Sensible*		Résistante		Sensible vs Résistante**		
Dose d'huile de tanaisie(%)	Moy. $\pm$ E.T.	n	Moy. $\pm$ E.T.	n	d.l.	t	P
Gain en poids larvaire (mg/jr)							
0	14.8 $\pm$ 1.3a	20	14.1 $\pm$ 1.6a	16	34	-0.36	0.72
0.01	11.7 $\pm$ 1.4a	14	11.8 $\pm$ 1.3a	9	21	0.07	0.94
Temps de développement larvaire (jrs)***							
0	42.2 $\pm$ 3.5a	20	38.5 $\pm$ 3.3a	16	34	-0.75	0.46
0.01	41.1 $\pm$ 3.6a	14	45.8 $\pm$ 4.0a	9	21	0.85	0.41
Poids des pupes ♀ (mg)							
0	90.1 $\pm$ 2.9a	14	94.4 $\pm$ 6.8a	7	19	0.69	0.50
0.01	108.1 $\pm$ 3.4b	3	74.6 $\pm$ 5.4b	7	8	-3.79	0.01
Poids des pupes ♂ (mg)							
0	55.3 $\pm$ 2.7a	6	49.6 $\pm$ 2.9a	9	13	-1.38	0.19
0.01	54.6 $\pm$ 2.0a	10	56.9 $\pm$ 1.6a	2	10	0.47	0.65

\* Dans chacune des populations, les valeurs suivies par une même lettre ne sont pas significativement différentes selon le test ANOVA à  $p < 0.05$ .

\*\* Pour une même dose et pour chaque paramètre de développement, la population sensible fût comparée à la population résistante selon le test ANOVA à  $p < 0.05$ .

\*\*\* Le temps du développement larvaire a été noté du premier stade à la pupe.

**Tableau 4:** Taux de pupaison et d'émergence d'adulte des populations sensible et résistante provenant de larves ayant ingéré chroniquement l'huile de tanaïsie durant 68 jours.

Population*	Paramètre	
Dose d'huile de tanaïsie (%)	Pupaison % (n)	Émerg. adulte % (n)
Sensible		
0	33a (60)	85a (20)
0.01	23a (60)	100a (14)
Résistante		
0	27a (60)	69a (16)
0.01	15a (60)	67a (9)

\* Pour chacune des populations, les valeurs suivies par une même lettre ne sont pas significativement différentes selon le test de comparaison de deux proportions avec correction de continuité (Zar, 1984).

**Tableau 5:** Ponte et éclosion des oeufs de TBO sur des résidus séchés de la formulation *TE* contenant l'huile de tanaisie.

Concentration (%) <sup>*</sup>	Total des oeufs pondus <sup>**</sup>	Total des oeufs éclos <sup>**</sup>	<i>G</i> calculé	<i>P</i>
10	0	0	-	-
1	840	98	672.238	< 0.001
0.1	1982	676	670.393	< 0.001
0	2059	832	537.648	< 0.001

<sup>\*</sup>Pour chacune des concentrations, le total des oeufs pondus est comparé au total des oeufs éclos.

<sup>\*\*</sup> n= 25 femelles.

## CONCLUSION

Bien que certaines populations de tordeuse à bandes obliques aient atteint un certain niveau de résistance aux insecticides synthétiques, elles ont démontré une sensibilité envers l'huile de tanaisie comparable à celle d'une population sensible. Sans être toxique par ingestion ou par application topique aux larves de la TBO, l'huile a démontré une activité antiappétante à faible concentration, a affecté le poids des pupes femelles lorsqu'elle était ingérée continuellement par la larve et a inhibé l'oviposition des femelles sur résidus d'huile de tanaisie.

L'utilisation d'insecticides botaniques dans le contrôle de la TBO est un des moyens alternatifs pour retarder l'apparition de la résistance chez certaines populations en vergers commerciaux. Cependant, l'huile essentielle doit concurrencer avec les insecticides synthétiques tant au niveau monétaire que de l'efficacité. L'insecticide naturel concerné doit posséder quatre propriétés principales: la persistance, être systémique, n'avoir aucun effet nuisible sur les organismes non-cibles et ne doit pas endommager le feuillage de la plante (Chapman, 1974). De plus, certains facteurs peuvent influencer l'efficacité de l'huile de tanaisie, entre autre les conditions climatiques comme la pluie et les rayons U.V. qui affectent la plupart des biopesticides (par exemple: hormone de croissance, B.t., nématodes).

Les recherches dans le domaine du contrôle des ravageurs doivent donc aller de l'avant afin de trouver de nouvelles méthodes de lutte qui permettront de ralentir la résistance des insectes nuisibles aux insecticides synthétiques et éventuellement, de remplacer ces derniers par des produits plus sécuritaires pour la santé tout en demeurant efficace.

## REFERENCES

- AliNiazee, M.T. 1986. Seasonal history, adult flight activity, and damage of the obliquebanded leafroller, *Choristoneura rosaceana* (Lepidoptera: Tortricidae), in filbert orchards. *Can. Entomol.* 118:353-361.
- Anonyme, 1985. Secrets et vertus des plantes médicinales. Sélection du Reader's Digest, Montréal. pp 463.
- Arnaud, P. 1985. Cours de chimie organique. Gauthier-villars, Bordas, Paris. p.505.
- Bellerose, S., C. Vincent & J.-G. Pilon. 1991. Résistance à trois insecticides synthétiques de la tordeuse à bandes obliques de la région de Deux-Montagnes. Centre de Recherche et de Développement en Horticulture, Saint-Jean-sur-Richelieu, Qué., *Résumé des recherches*, 20: 5-7.
- Benz, G. 1971. Synergism of micro-organisms and chemical insecticides. *in*:: Burges, H.D. & N.W. Hussey (eds.), *Microbial control of insects and mites.*, p.327-355, Academic Press, London.
- Brattsten, L.B. 1983. Cytochrome P-450 involvement in the interactions between plant terpenes and insect herbivores. *in*: Hedin, P. A. (eds). *Plant resistance to insects*. ACS Symposium Series 208, American Chemical Society, Washington, D.C. p. 173-195.
- Brewer, G.J. & H.J. Ball, 1981. A feeding deterrent effect of a water extract of tansy (*Tanacetum vulgare* L., Compositae) in three Lepidopterous larvae. *J. Kansas Entomol. Soc.* 54:733-736.



- Carrière, Y., J.-P. Deland, D.A. Roff & C. Vincent. 1994. Life-history costs associated with the evolution of insecticide resistance. *Proc. R. Soc. Lond. B.* 258:35-40.
- Chandler, R., S.N. Hooper, D.L. Hooper, W.D. Jamieson, E. Lewis. 1982. Herbal remedies of the Maritime indians: sterols and triterpenes of *Tanacetum vulgare* L.(Tansy). *Lipids* 17:102-106.
- Chapman, P.J., S.E. Lienk & R.W. Dean. 1968. Bionomics of *Choristoneura rosaceana*. *Ann. Entomol. Soc. America* 61:285-290.
- Chapman, R.F. 1974. The chemical inhibition of feeding by phytophagous insects: a review. *Bull. entomol. Res.* 64:339-363.
- Chiasson, H., V. Groison, C. Vincent & A. Bélanger. 1994. Détermination des propriétés insecticides de la tanaïsie vulgaire (*Tanacetum vulgare*) sur le doryphore de la pomme de terre (*Leptinotarsa decemlineata*). Station de recherche d'Agriculture et Agro-alimentaire Canada, Saint-Jean-sur-Richelieu, Qué., *Résumé des recherches* 23:43-44.
- Chouinard, G. & C. Vincent. 1993. Les ennemis du pommier au Québec en 1993. Station de recherche d'Agriculture et Agro-alimentaire Canada, Saint-Jean-sur-Richelieu, Qué. *Résumé des recherches* 22:1-2.
- Chouinard, G. & C. Vincent. 1995. Les ravageurs des arbres fruitiers en 1995. Station de recherche d'Agriculture et Agro-alimentaire Canada, Saint-Jean-sur-Richelieu, Qué., *Résumé des recherches* 24:3-5.
- Collin, G., N. Pageau, H. Deslauriers & M. Gagnon. 1992. The essential oil of Tansy (*Tanacetum vulgare*) revisited. 11th Internat. Ess. Oil Congress, Digne-les-Bains, France, p.655-663.

- Cossentine, J.E. & M. Gardiner. 1991. Susceptibility of *Choristoneura rosaceana* (Harris) (Lepidoptera: Tortricidae) to the microsporidium *Nosema fumiferanae* (Thomson) (Microsporida: Nosematidae). *Can. Entomol.* 123:265-270.
- Deland, J.-P., G.J.R. Judd & B.D. Roitberg. 1994. Disruption of pheromone communication in three sympatric leafroller (Lepidoptera: Tortricidae) pests of apple in British Columbia. *Environ. Entomol.* 23:1084-1090.
- Demougeot, S., C. Vincent & D. Coderre. 1993. Efficacité de prédation des coccinelles contre deux ravageurs dans les vergers québécois. Station de recherche d'Agriculture et Agro-alimentaire Canada, Saint-Jean-sur-Richelieu, Qué., *Résumé des recherches* 22:7-8.
- Duke, J.A. 1985. CRC Handbook of medicinal herbs. Boca Raton, Florida, CRC Press. pp. 474-567.
- El-Sayed, G.N. & C.O. Knowles. 1984. Formamidine synergism of pyrethroid toxicity to twospotted spider mites (Acari: Tetranychidae). *J. Econ. Entomol.* 77:23-30.
- Gabel, B. & D. Thiéry. 1994. Non-host plant odor (*Tanacetum vulgare*; Asteracea) affects the reproductive behavior of *Lobesia botrana* Den. et Schiff. (Lepidoptera: Tortricidae). *J. Insect Behavior* 7:149-157.
- Grosscurt, A.C. 1978. Diflubenzuron: Some aspects of its ovicidal and larvicidal mode of action and an evaluation of its practical possibilities. *Pestic. Sci.* 9:373-386.
- Héthelyi, É., P. Tétényi, P. Kaposi, B. Danos, Zs. Kernoczi, Gy. Büki & I. Koczka. 1988. GC/MS investigation of antimicrobial and repellent compounds. *Herba Hungarica* 27:89-94.

- Hill, A.S. & W.L. Roelofs. 1979. Sex pheromone components of the obliquebanded leafroller moth, *Choristoneura rosaceana*. *J. Chem. Ecol.* 5:3-11.
- Holopainen, M. & V. Kauppinen. 1989. Antimicrobial activity of essential oils of different chemotypes of tansy (*Tanacetum vulgare* L.). *Acta Pharmaceutica Fennica* 98:213-220.
- Hough-Goldstein, J.A. 1990. Antifeedant effects of common herbs on the Colorado potato Beetle (Coleoptera: Chrysomelidae). *Environ. Entomol.* 19:234-238.
- Hough-Goldstein, J.A. & S.P. Hahn. 1992. Antifeedant and oviposition deterrent activity of an aqueous extract of *Tanacetum vulgare* L. on two cabbage pests. *Environ. Entomol.* 21:837-844.
- Knowlton, G.F. & M.W. Allen. 1937. Oblique-banded leaf roller, a dewberry pest in Utah. *J. Econ. Entomol.* 30:780-784.
- Lawson, D.S., W.H. Reissig, A.M. Agnello, J.P. Nyrop & L. Roelofs. 1996. Interference with the mate-finding communication system of the obliquebanded leafroller (Lepidoptera: Tortricidae) using synthetic sex pheromones. *Environ. Entomol.* 25: 895-905.
- Lemire, S., C. Vincent, G. Bélair & D. Coderre. 1995. Effet du nématode *Steinernema carpocapsae* W. (All) sur la tordeuse à bandes obliques en vergers de pommiers. Rapport inédit à Pomme Plus (Deux-Montagnes, Qué.), 8pp.
- LeOra Software, 1987. POLO-PC a user's guide to Probit or Logit analysis, Berkeley, California, 21pp.

- Li, S.Y., S.M. Fitzpatrick & M.B. Isman. 1995a. Susceptibility of different instars of the obliquebanded leafroller (Lepidoptera: Tortricidae) to *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki*. *J. Econ. Entomol.* 88:610-614.
- Li, S.Y. S.M. Fitzpatrick & M.B. Isman. 1995b. Effect of temperature on toxicity of *Bacillus thuringiensis* to the obliquebanded leafroller (Lepidoptera: Tortricidae). *Can. Entomol.* 127:271-273.
- Li, S.Y. & S.M. Fitzpatrick. 1996. The effects of application rate and spray volume on efficacy of two formulations of *Bacillus thuringiensis* Berliner Var. *kurstaki* against *Choristoneura rosaceana* (Harris) (Lepidoptera: Tortricidae) on raspberries. *Can. Entomol.* 128:605-612.
- Lichtenstein, E.P., T.T. Liang, K.R. Schulz, H.K. Schnoes & G.T. Carter. 1974. Insecticidal and synergistic components isolated from dill plants. *J. Agric. & Food Chem.* 22:658-664.
- Lowery, D.T., S. Bellerose, M.J. Smirle, C. Vincent & J.-P. Pilon. 1996. Effect of neem on the growth and development of the obliquebanded leafroller, *Choristoneura rosaceana*. *Entomol. Exp. Applic.* 79:203-209.
- Maltais, J., C. Régnière, C. Cloutier, C. Hébert & D.F. Perry. 1989. Seasonal biology of *Meteorus trachynotus* Vier. (Hymenoptera: Braconidae) and of its overwintering host *Choristoneura rosaceana* (Harr.)(Lepidoptera: Tortricidae). *Can. Entomol.* 121: 745-756.
- Marie-Victorin, Frère. 1964. Flore Laurentienne. Les Presses de l'Université de Montréal. Montréal. 925 pp.

- Martin, L.J. 1958. Observations on the biology of certain tortricids in young coniferous plantations in southern Ontario. *Can. Entomol.* 90:44-53.
- Olson, B.D., W.H. Reissig & D.W. Onstad. 1987. Control of obliquebanded leafroller with chlorpyrifos. *Down to Earth* 43:1-5.
- Onstad, D.W., H. Reissig & C.A. Shoemaker. 1985. Phenology and management of the obliquebanded leafroller (Lepidoptera: Tortricidae) in apple orchards. *J. Econ. Entomol.* 78:1455-1462.
- Onstad, D.W., H. Reissig & C.A. Shoemaker. 1986. Influence of apple cultivar, tree phenology, and leaf quality on the development and mortality of *Choristoneura rosaceana* (Lepidoptera: Tortricidae). *Can. entomol.* 118:123-132.
- Palevitch, D. & L.E. Craker. 1994. Volatile oils as potential insecticides. *The Herb, Spice and Medicinal Plant Digest* 12:1-5.
- Panasiuk, O. 1984. Response of Colorado potato beetles, *Leptinotarsa decemlineata* (Say), to volatile components of tansy, *Tanacetum vulgare*. *J. Chem. Ecol.* 10:1325-1333.
- Panneton, B. & A.M. Drummond. 1991. Digital image analysis of spray samples. *Applied Engineer Agr.* 7:273-278.
- Reissig, W.H. 1978. Biology and control of the obliquebanded leafroller on apples. *J. Econ. Entomol.* 71:804-809.
- Reissig, W.H., B.H. Stanley & H.E. Hebding. 1986. Azinphosmethyl resistance and weight-related response of obliquebanded leafroller (Lepidoptera: Tortricidae) larvae to insecticides. *J. Econ. Entomol.* 79:329-333.

- Rice, R.E., D.L. Flaherty & R.A. Jones. 1988. The obliquebanded leafroller: a new pest in pistachios ? *California Agriculture* 42:27-29.
- Rice, P.J. & J.R. Coats. 1994. Insecticidal properties of monoterpenoid derivatives to the house fly (Diptera: Muscidae) and red flour beetle (Coleoptera: Tenebrionidae). *Pestic Sci.* 41:195-202.
- Robertson, J.L. & H.K. Preisler. 1992. Pesticide bioassays with arthropods. CRC Press, Boca Raton, Florida, 127 pp.
- Roelofs, W.L. & R.L. Brown. 1982. Pheromones and evolutionary relationships of Tortricidae. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 13:395-422.
- Roy, M. & C. Vincent. 1992. Situation de la lutte intégrée dans les vergers de pommiers du Québec en 1986. in: Vincent, C. & B. Rancourt (eds), *Points de vue sur la protection des vergers au Québec*. Bull. Techn. No. 26, Agriculture et Agro-alimentaire Canada, Saint-Jean-sur-Richelieu, Qué., p.146-151.
- Sanderson, E.D. & A.D. Jackson. 1909. The oblique-banded leafroller. *J. Econ. Entomol.* 2:391-403.
- Schearer, W.R. 1984. Components of oil of tansy (*Tanacetum vulgare*) that repel Colorado potato beetles (*Leptinotarsa decemlineata*). *J. Nat Products* 47:964-969.
- Schorey, H.H. & R.L. Hale. 1965. Mass-rearing of the larvae of nine noctuid species on a simple artificial medium. *J. Econ. Entomol.* 58:522-524.
- Schuh, J & D.C. Mote. 1948. The oblique-banded leaf roller on red raspberries. *Technical Bulletin* 13:1-43.

- Suomi, D., J.J. Brown & R.D. Akre. 1986. Responses of plant extracts of neonatal codling moth larvae, *Cydia pomonella* (L.)(Lepidoptera: Tortricidae: Olethreutinae). *J. Entomol. Soc. Brit. Columbia* 83:12-18.
- Thireau, J.-C. & J. Régnière. 1995. Development, reproduction, voltinism and host synchrony of *Meteorus trachynotus* with its hosts *Choristoneura fumiferana* and *C. rosaceana*. *Entomol. Exp. Applic.* 76:67-82.
- Thomson, D.R., N.P.D. Angerilli, C. Vincent & A.P. Gaunce. 1991. Evidence of regional differences in the response of obliquebanded leafroller (Lepidoptera: Tortricidae) to sex pheromone blends. *Environ. Entmol.* 20:935-938.
- Vakenti, J.M., A.P. Gaunce, K.N. Slessor, S.G.G. King, S.A. Allan, H.F. Madsen & J.H. Borden. 1988. Sex pheromone components of the oblique-banded leafroller, *Choristoneura rosaceana* in the Okanagan Valley of British Columbia. *J. Chem. Ecol* 14: 605-621.
- Vincent, C., M. Mailloux, E.A.C. Hagley, W.H. Reissig, W.M. Coli & T.A. Hosmer. 1990. Monitoring the codling moth (Lepidoptera: Olethreutidae) and the obliquebanded leafroller (Lepidoptera: Tortricidae) with sticky and non sticky traps. *J. Econ. Entomol.* 83:434-440.
- Vincent, C., J.-C. Côté, S. Bellerose, B. Panneton & Y.S. Chung. 1991. Toxicité des cristaux de *Bacillus thuringiensis* Berliner var. *Kurstaki* chez les larves de tordeuses à bandes obliques. Station de Recherche d'Agriculture et Agro-alimentaire Canada, Saint-Jean-sur-Richelieu, Qué., *Résumé des recherches* 20:2-3.

- Vincent, C. & Morin, Y. 1992. La tordeuse à bandes obliques: biologie, incidence et stratégies de lutte. Station de Recherche d'Agriculture et Agro-alimentaire Canada, Saint-Jean-sur-Richelieu, Qué., *Résumé des Recherches* 26:57-59.
- von Rudloff, E. & E.W. Underhill. 1965. Gas-liquid chromatography of terpenes-XII seasonal variation in the volatile oil from *Tanacetum vulgare* L. *Phytochemistry* 4:11-17.
- Zar, J.H. 1984. Biostatistical Analysis. Second Edition. Prentice-Hall, New Jersey. 718pp.



## ANNEXE A

## Images sur la TBO, la tanaisie et les méthodes

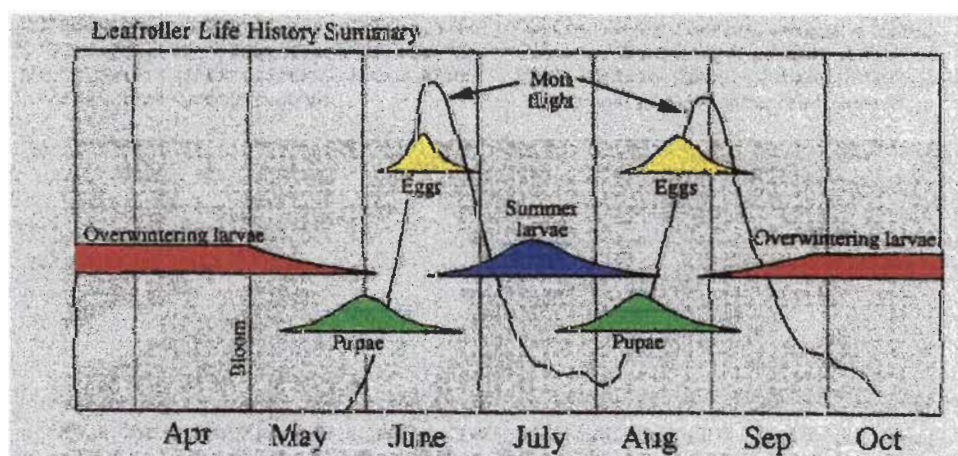
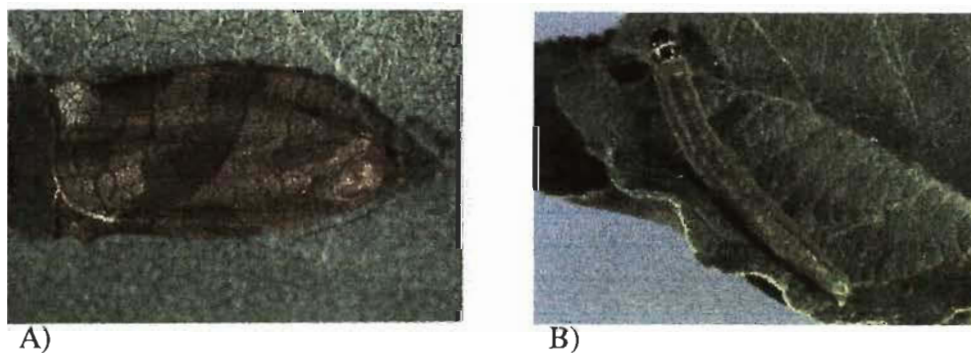


Figure 2. Cycle vital de la tordeuse à bandes obliques.

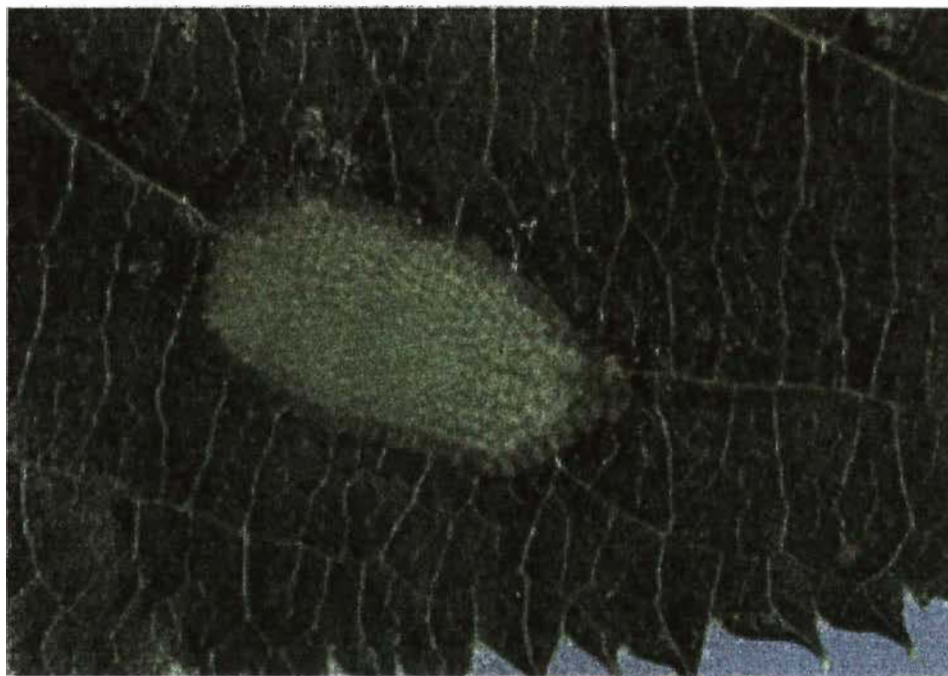


Figure 3. Masse d'oeufs (environ 500 oeufs) de la tordeuse à bandes obliques sur feuille de pommier.



A)



B)

Figure 4. A) Tanaisie vulgaire, *Tanacetum vulgare* (L.). B) Huile essentielle de tanaisie obtenue par entraînement à la vapeur.



Figure 5. Dillapiol; constituant de l'huile essentielle de l'aneth, *Anethum graveolens*.



Figure 6. Lieu de collecte des larves de TBO en juin 1994.



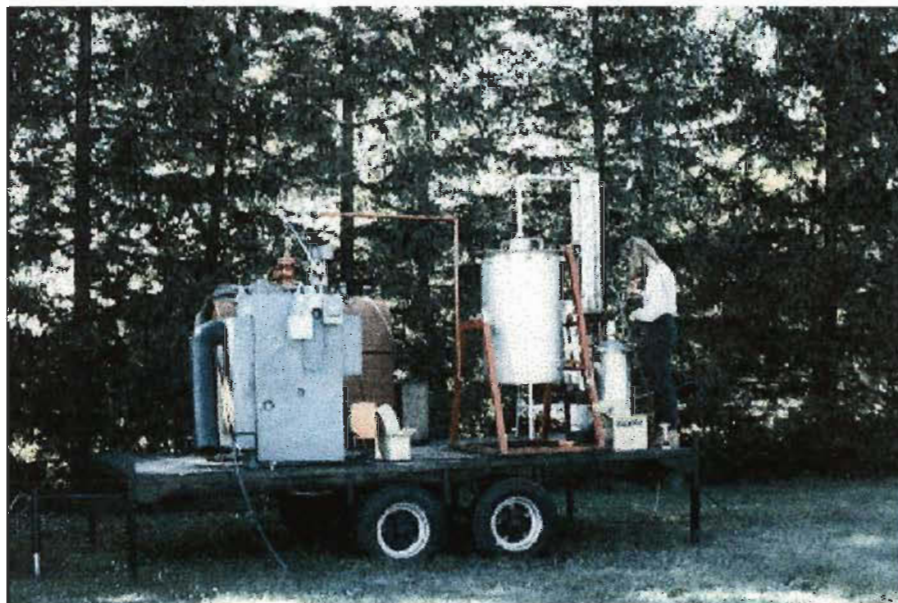


Figure 7. Distillateur portable de 380L servant à extraire l'huile essentielle.

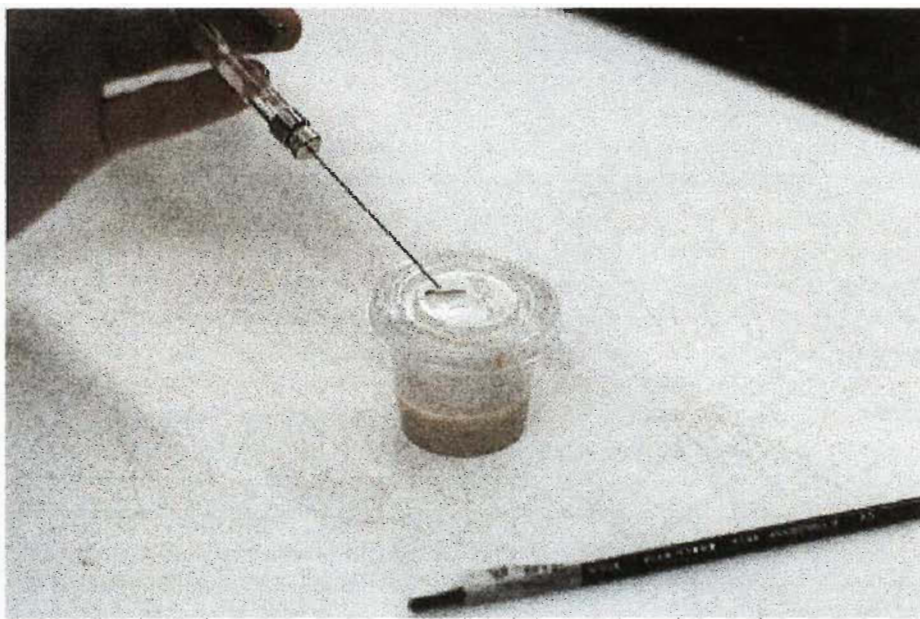
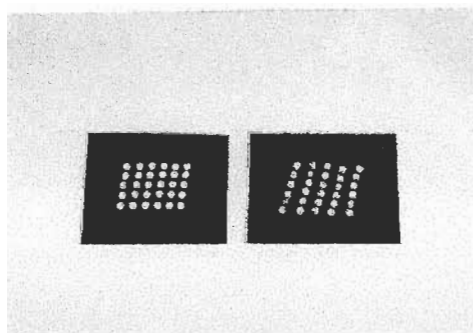


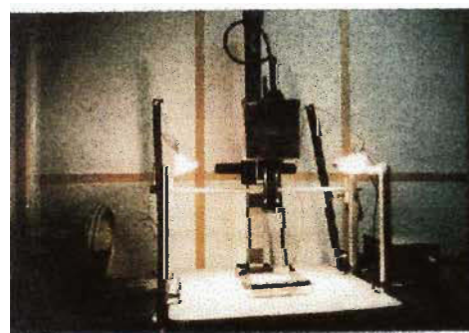
Figure 8. Bioessai sur la toxicité topique des formulations *TSW* et *TSWD* sur les larves de TBO.



Figure 9. Bioessai sur la toxicité orale et l'activité antiappétante des formulations *TE*, *TSW* et *TSWD* sur les larves de TBO.



A)



B)

Figure 10. A) Carton avec disques témoins (gauche) et carton avec disques de cellulose après 24h de contact avec les larves de TBO (droite). B) Analyseur numérique d'images





Figure 11. Transfert de la diète traitée à l'huile de tanaïsie dans des cupules de plastique.



A)



B)

Figure 12. A) Chambre d'accouplement contenant une femelle et deux mâles adultes. B) Femelle de TBO en contact avec des résidus d'huile séchés provenant de la formulation *TE* (Huile+éthanol).

## **ANNEXE B**

### **Recommandations aux auteurs**

Ci-joint les recommandations aux auteurs pour la revue *Journal of Chemical Ecology* pour l'article en anglais présenté au chapitre 2

## Instructions to Contributors

1. The original and two copies of the manuscript (including illustrations) and the names and addresses of three potential reviewers should be sent to:

James L. Nation and David A. Jones  
Editors, *Journal of Chemical Ecology*  
Department of Botany  
220 Bartram Hall  
University of Florida  
Gainesville, Florida 32611-8526

2. Manuscript text, tables, references, footnotes, and legends must be type-written on one side of opaque paper, 22 × 28 cm, double-space throughout, and with at least 4 cm margins all around. All manuscripts must be dark and clear, and computer-printed manuscripts *must* be of letter-quality.
3. The first page should include title, author(s), and affiliation(s). In coauthored manuscripts, designate with an asterisk the author to whom correspondence should be addressed. A single-paragraph abstract is required, preferably directly under the author's affiliation. The abstract should be followed immediately by a list of approximately 10 key words suitable for information retrieval systems.
4. Illustrations in the form of high quality, original, inked, line drawings or glossy photographic prints should be submitted in duplicate. Lettering should be sans serif, with consistency of size and thickness of line appropriate to the size and complexity of the drawing after reduction. Authors should anticipate that capital letters and numbers may be as small as 1.5 mm high after reduction. Half-tones may be included only when deemed to be essential. Color illustrations are possible, but at the author's expense at a cost negotiable with the publisher. Brief but adequate legends for the illustrations should appear together on a separate page(s).
5. Tables should be numbered in one consecutive series of arabic numerals and should be referenced by number in the text. Each table should be typed on a separate sheet of paper and should have a fully descriptive title.
6. Style and format should follow usage in recent issues of the *Journal*. References should be cited in the author's-name-and-year style in the text and should be listed alphabetically at the end of the text. For journal title abbreviations, authors may use *Bibliographic Guide for Editors and Authors* (American Chemical Society, 1155 Sixteenth Street, NW, Washington, DC 20036, USA). A useful guide to style, abbreviation, and symbols for biological sections of the text is the most recent edition of the *Council of Biology Editors Style Manual* (Council of Biology Editors, Inc., 9650 Rockville Pike, Bethesda, MD 20814, USA); for chemical sections, *The ACS Style Guide: A Manual for Authors and Editors* (American Chemical Society, address above) is recommended. Chemical nomenclature generally follows *IUPAC Nomenclature of Organic Chemistry* (Buttersworth & Co. Ltd., 88 Kingsway, London, WC2B 6AB, England) and the practices of the *American Chemical Society* journals, including those for Letters to the Editors. Manuscripts are reviewed according to criteria suggested in these sources.
7. Submission is a representation that the manuscript has not been published previously and is not currently under consideration for publication elsewhere. A statement transferring copyright from the authors (or their employers, if they hold the copyright) to Plenum Publishing Corporation will be required before the manuscript can be accepted for publication. The Editor will supply the necessary forms for this transfer. Such a written transfer of copyright, which previously was assumed to be implicit in the act of submitting a manuscript, is necessary under the U.S. Copyright Law in order for the publisher to carry through the dissemination of research results and reviews as widely and effectively as possible.
8. **The journal makes no page charges.** Reprints are available to authors, and order forms with the current price schedule are sent with proofs.